

**THE BOOK WAS
DRENCHED**

UNIVERSAL
LIBRARY

OU_191137

UNIVERSAL
LIBRARY

فهرسة الجزء الاول من كتاب كشف رموز السرة المصون * ١٩

في تطبيق الهندسة على الفنون * صحيفة

٢	خطبة الكتاب
	الدرس الاول في الخط المستقيم والزوايا والخطوط العمودية والمائلة
	(ويشتمل على رسم الخطوط المستقيمة وصحتها وكذلك المستوى ونسبه
٦	مع الخط المستقيم)
١٠	بيان اقبة الطول
١١	بيان المقياس (ويشتمل على بيان الزوايا)
١٥	امتحان صحة المسطرة الثلثية
١٦	بيان تطبيق الاجسام على بعضها
٢١	عملية تصحيح الخطوط العمودية
	الدرس الثاني في الخطوط المتوازية وارتباطها بالخطوط العمودية
٢٣	والمائلة (ويشتمل على بيان كون الخطوط المتوازية على بعد واحد)
٢٧	اجراء العملية على سلك الحديد اى السلك ذات القضبان
	تطبيق الخطوط المتوازية على عجلات الآلة المستعملة لغزل القطن
٢٨	(وفيه مسطرة الرسامين المستعملة في رسم المتوازيات)
٣٠	بيان تطبيق العملية على حركة الدروج في بيوتها
٣٠	بيان تطبيق العملية على حركة المكاييس في الطلبات
٣١	بيان تطبيق العملية على لوحة القماش وحيا كته
٣٢	بيان تطبيق العملية على رسوم الابنية المدنية والبحرية
	بيان تطبيق الخطوط المتوازية على رسم الهندسة الوصفية اى قواعد
٣٣	المساقط
٣٤	بيان تطبيق طريقة المساقط على فض الميكانيكة
	بيان اجراء العملية في رسم الخطوط المحنية (وكذلك المثال الشهير
٣٦	المقرر في عمارة السفن)

- مثال ناشئ من رسم الطرق والجلجان (ويشتمل على رسم الاراضى
بخطوط افقية) ٣٧
- الدرس الثالث في بيان الدائرة (ويشتمل على تعريفها وعلى المحيط
والمركز وانصاف الاقطار والاقطار وعلى الوزر والسهم وعلى ان مماس
الدائرة عمود على نصف قطرها) ٣٩
- اجراء العملية في رسم الخطوط ٤١
- اجراء العملية في خراط جسم متحرك بواسطة آلة ثابتة ٤٣
- اجراء العملية في عمل الاجارار المعدة لسل الآلات وتسطيح السطوح ٤٣
- اجراء العملية في خراط الاجسام الثابتة ٤٤
- اجراء العمل في التدوير ٤٤
- اجراء العملية في الحركات المتوازية ٤٥
- اجراء العملية في تركيب الآلات ٤٥
- اجراء العملية في نقل حركة مستديرة من محور الى اخر ٤٦
- بيان السيور المحيطة بالدوائر ٤٦
- بيان حركة دائرة في اخرى ٤٧
- اجراء العملية في اللعب البخارية ٤٨
- تقسيم الدائرة وتطبيقها على قياس الزوايا ٤٨
- بيان الطرق السهلة التي يمكن استعمالها في تقسيم الدائرة (ويشتمل
على نسبة المحيط الى نصف القطر) ٤٩
- بيان استعمال اقواس الدائرة في قياس الزوايا (ويشتمل على بيان
الدرجات والدقائق والثواني وغيرها) ٥٠
- اجراء العملية في علم الجغرافيا ٥٢
- بيان تقسيم الدائرة المستعمل في تركيب الآلات ٥٣
- بيان الآلات المعدة لقياس الزوايا ٥٤

صحيفة

٥٤

الغرافومتر المكررة

٥٥

بيان الآلات المعدة لتقسيم الدوائر

الدرس الرابع في بيان الاشكال المتنوعة التي يمكن جعلها المحصولات
الصناعة بواسطة الخط المستقيم والدائرة (ويشتمل على بيان المثلث
المستوى وانواع المثلثات المختلفة والمثلث المتساوي الساقين وعلى شرط

٥٧

تساوي المثلثات)

٦٢

بيان الاشكال ذوات الاضلاع الاربعة

٦٣

بيان اجراء العمليات (ويشتمل على المعين والمستطيل والمربع)

بيان تماثل الاشكال ذوات الاضلاع الاربعة (ويشتمل على مجموع زوايا

٦٦

المثلث وعلى الاشكال المربعة والمخمسة والمسدسة)

بيان مائة ملق بالدائرة والاشكال المنتهية بخطوط مستقيمة (ويشتمل

٦٧

على الاشكال الكثيرة الاضلاع المنتظمة)

٧٠

تطبيق الاشكال كثيرة الاضلاع المنتظمة على الاستحكامات المنتظمة

تطبيق الاشكال المتقدمة على التبليط وتلوين الاخشاب والنراز

والتزيين (ويشتمل على الاشكال ذات الاضلاع المنتظمة التي يمكن بها

٧٠

تغطية المسافة على وجه الضبط ويتضمن ايضا التطبيق على البناء)

بيان الاشكال المنتهية بخطوط مستقيمة واقواس دائرية (ويشتمل على

التطبيق على الالعاب والمندرجات والقباب المقوسرة والقباب الحادة

٧٣

والقباب المعنوعة على صورة اذن النخلة)

٧٤

بيان رسم تفصيل العمارات

الدرس الخامس في بيان الاشكال المتساوية والمماثلة والمناسبة

٧٧

(ويشتمل على تساوي الاشكال)

٧٩

بيان طبع الرسم اى النقل بالفحم

٧٩

بيان نقل الرسم

بيان

صحيحة

٧٩

بيان تماثل الاشكال

بيان تحصيل الاشكال المتساوية او المتماثلة بالثبوت والطبع والتغرافيا

٨٠

اي الطبع بالجبر وغير ذلك

٨٠

بيان تحصيل الاشكال المتساوية بالطبع

٨٣

بيان قاعدة المربعات

٨٥

بيان الاشكال المناسبة

٨٧

بيان التقسيمات الصغيرة للمقاييس المهمة

٨٨

بيان تصحيح رسم اريك آلة او محصول صناعة

٨٩

بيان الخاصة الاصلية للناسب الهندسي

٩٢

بيان المثلثات المتشابهة

٩٥

بيان بيكار التناسب

٩٧

بيان الاشكال الكثيرة الاضلاع المتظمة المتشابهة

الدرس السادس في بيان اخذ مسطح الاشكال المستوية المنتهية

٩٩

بخطوط مستقيمة او مستديرة

١٠٧

بيان استحالة تربيع الدائرة

١٠٧

بيان تماثل سطح الاشكال المتشابهة لبعضها

١٠٩

بيان اجراء العملية

١١٠

بيان اجراء العملية في صناعة الصيني

١١٠

بيان اجراء العملية في قطع الاوتاد

١١٣

بيان عملية خراط الاجسام

بيان استعمال الآلة التي ابتدعها برامة في شأن قطع السطوح

١١٣

المستوية

١٢٠

الدرس السابع في بيان الجسمات المنتهية بالمستويات

١٢١

بيان اجراء العملية

صنيفه

- ١٢٢ بيان اجراء العملية في علم النظر
- ١٢٢ بيان اجراء العملية في علم المبادئ
- ١٢٣ بيان اجراء العملية في الميكانيكة
- ١٢٤ بيان اجراء عدة علميات مختلفة
- ١٢٤ بيان المناشير البلورية
- ١٣٢ بيان مساحة الاجسام المنتهية باوجه مستوية
- ١٣٤ بيان تكعيب شكل الاهرام
- بيان تكعيب الجسم المنتهى من جميع جهاته باوجه مستوية على
- ١٣٦ حسب المطلوب
- ١٣٨ اجراء العملية في تكعيب قاربن السفن
- ١٣٩ بيان المجسمات المتشابهة
- ١٤٢ الدرس الثامن في بيان الاسطوانات
- ١٤٤ الطريقة الاولى في صناعة الاسطوانة بواسطة الاضلاع
- ١٤٤ بيان اجراء العملية في صناعة صواري السفن
- الطريقة الثانية في صناعة الاسطوانة بواسطة المنحنيات المتساوية
- ١٤٥ المتوازية
- ١٤٥ بيان صناعة اخشاب الرماح وقضبان الطمار
- ١٤٥ اجراء العملية في التكعيبات والتشييكات وغيرها
- ١٤٨ بيان صناعة الاسطوانات بالمد والسحب
- ١٤٩ بيان صناعة الاسطوانات بالسبك والصب في القالب
- ١٤٩ بيان صناعة الاسطوانات بالتعب
- ١٤٩ بيان صناعة الاسطوانات بالنشر
- ١٤٩ بيان صناعة الاسطوانة عند العمارجية
- ١٥٠ بيان مساحة سطح الاسطوانات

صحيحة

- ١٥٢ بيان مساحة حجم الاسطوانات
- ١٥٣ اجراء عملية خواص الاسطوانة في تحديد الظلال
- ١٥٤ اجراء عملية خواص الاسطوانة في الهندسة الوصفية
- ١٥٥ بيان استعمال الاسطوانة في الزراعة
- ١٥٥ بيان استعمال الاسطوانة في تزيين القدير
- ١٥٥ بيان الاسطوانات المركبة اعني الات المخلج
- ١٥٦ بيان استعمال الاسطوانات في عمل الورق
- ١٥٦ بيان استعمال الاسطوانات في صناعة الطبع
- ١٥٦ بيان طبع الليثوغرافية اي الطبع على الحجر
- ١٥٧ بيان الطبع بالنقش
- بيان استعمال الاسطوانات المزدوجة في صناعة الحديد وجعله
- ١٥٧ قضباناً
- ١٥٧ بيان استعمال الاسطوانات في تدف القطن
- ١٥٨ بيان استعمال الاسطوانات في غزل القطن والتيل ونحو ذلك
- ١٥٨ بيان تخطيط الاسطوانات
- ١٦٠ الدرس التاسع في بيان السطوح المخروطة
- ١٦٦ بيان استعمال آلة التصوير
- ١٦٨ بيان الاوضه المظلمة
- ١٦٩ بيان الصور التخيلية
- ١٦٩ بيان الخيال الظلي
- ١٧٠ بيان قاعدة علم المنظر
- ١٧٣ بيان اجراء علم المنظر في فن العمارة
- ١٧٥ بيان اجراء عملية علم المنظر في التصوير
- ١٧٦ بيان اجراء علم المنظر في رسم الآلات ومحصلات الصناعة

- ١٧٧ بيان اجراء عملية علم المتظر في زخرفة محل الالعب
- ١٧٧ بيان اجراء عملية المساقط المخروطية في علم الجغرافيا
- الدرس العاشر في بيان السطوح المنتشرة والسطوح المعوجة
- ١٧٨ اى مضاعفة الانحناء وغير ذلك
- ١٨٠ بيان اجراء العملية
- ١٨٠ بيان اجراء العملية في صناعة البسط والجوخ
- ١٨١ بيان نشر الاخشاب المنحنية
- ١٨٢ بيان اجراء عملية السطوح المنتشرة في قطع الاحجار
- ١٨٤ بيان اجراء عملية السطوح المنتشرة في غطاء القباب والقبوات
- ١٨٤ بيان اجراء عملية السطوح المنتشرة في تبطين السفن
- ١٨٨ بيان الانموذجات والاراسيل المنتشرة
- ١٨٨ بيان اجراء العملية في تفصيل اقنسة الملابس
- ١٩١ بيان السطوح المعوجة اى مضاعفة الانحناء
- ١٩٢ بيان اجراء العملية في عمارة السفن
- ١٩٢ بيان عمل الاخشاب المنحنية
- ١٩٦ الدرس الحادى عشر في بيان سطوح الدوران
- ١٩٨ بيان سطوح الدوران المتولدة من حركة خط مستقيم
- ١٩٩ بيان المقراض
- ١٩٩ بيان محلات الغزل
- ١٩٩ بيان الكرة
- ٢٠٢ بيان الطرق المستعملة في رسم الكرة
- ٢٠٤ بيان مساحة حجم الكرة وقطوعها
- ٢٠٦ بيان اجراء العملية
- ٢٠٧ بيان اجراء العملية في علم الجغرافيا والهيئة

صحيحة

	بيان قسمة سطح الارض الى مربعات كروية لتيسر بها تخطيط
٢٠٨	الاماكن
٢١٠	بيان اجراء العملية في اتجاه الطرق في علم الملاحة
٢١٢	بيان الكرة السماوية
٢٢١	الدرس الثاني عشر في بيان السطوح الخلزونية
٢٢٣	بيان شكل البريمة الخلزوني
٢٢٥	بيان اجراء العملية
٢٢٧	بيان اجراء العمليات
٢٢٨	بيان الاعددة الملتفة
٢٢٨	بيان الامبيق المتوى
٢٣٠	بيان غزل التيل والكتان
٢٣١	بيان غزل الصوف والقطن
٢٣٥	بيان السطوح الخلزونية المستعملة في السلام
٢٣٥	بيان السطح الخلزوني لبريمة المهندس ارشيدرس
٢٣٨	الدرس الثالث عشر في بيان تقاطع السطوح
٢٤١	بيان مسقطي الخط المستقيم
٢٤٣	بيان مسقطي كثير الاصلع
٢٤٦	بيان تقاطع الخطوط المستقيمة والمستويات مع السطوح المنحنية
٢٤٧	بيان كيفية رسم مسقطي الاسطوانة
٢٤٧	بيان تقاطع الاسطوانة مع المستوى
٢٤٨	بيان اجراء العملية في انشاء السفن
٢٤٨	بيان اجراء عملية تقاطع الاسطوانة مع الظلال
٢٥٠	بيان اجراء العملية في علم المنظر
٢٥٠	بيان تقاطع المخروط والمستوى

صحيفة

- ٢٥١ بيان القطع الناقص
- ٢٥٢ بيان اجراء العملية في علم الضوء
- ٢٥٣ بيان اجراء العملية في علم السمع اى انعكاس الصوت
- ٢٥٥ بيان القطع المكافئ
- ٢٥٧ بيان اجراء العملية في انكسارات
- ٢٥٧ بيان القطع الزائد
- ٢٥٨ بيان تقاطع الشكل المخروطى بالسطوح المنحنية
- ٢٥٨ بيان اجراء العملية في معرفة علم النور
- ٢٥٩ بيان البانوراما اى المنظر العام
- ٢٥٩ بيان المرأة المسحورة
- ٢٦٠ بيان المناظر المرسومة صورتها في داخل القباب والقبوات
- ٢٦٠ بيان الظلال المخروطية
- الدرس الرابع عشر في بيان الخطوط والمستويات المماسية للمنحنيات
- ٢٦١ والسطوح
- ٢٦٤ بيان المستويات المماسية للسطوح
- ٢٦٦ بيان المستوى المماس للاسطوانة
- ٢٦٦ بيان رسم المستويات بالاسطوانات المماسية
- ٢٦٧ بيان رسم الاسطوانة بالمستويات المماسية
- ٢٦٧ بيان المستويات المماسية للمخروط
- ٢٦٨ بيان اجراء العملية
- ٢٦٨ بيان المستويات المماسية للسطوح المنتشرة
- ٢٦٨ بيان الاسطوانات المماسية لبعضها على حسب اى ضلع كان
- ٢٦٩ بيان المخاريط والاسطوانات المماسية لبعضها في اى ضلع كان
- ٢٧٠ بيان الاسطوانات المماسية والمكثفة بـ سطوح آخر

صحيحة

٢٧٠

بيان الاسطوانة التي تكشف بالكرة

٢٧٠:

بيان اجراء عملية ذلك

٢٧٠:

بيان معيار الاكر

٢٧١

بيان اجراء العملية في الظلال

٢٧٢

بيان اجراء العملية في فن التجارة

٢٧٣

بيان الكسوف

٢٨١

بيان اجراء عملية الصقل والجلي وغير ذلك

٢٨٢

الدرس الخامس عشر في بيان انحناء الخطوط والسطوح

٢٨٣

بيان اجراء العملية في انحناء الارض

٢٩١

بيان انحناء الكرة

بيان الخطا والصواب من الجزء الاول من كتاب كشف رموز السر المصون
في تطبيق الهندسة على القنون

خطا	صواب	صفحة	سطر
خواصا	خواص	٦	٢٣
المقاس	المقيس	١١	٥
(شكل ٢٧)	(شكل ٢)	١١	٢٥
وحل	او حل	١٦	١٩
دو	دو	٢٥	٤
ث	وث	٢٤	١
لان	الآن	٢٨	٢١
مستقيم	مستقيم	٣٠	١٢
وقل اختلاف	واقل اختلاف	٣١	٨
م ا ب د ن	م ا ب ث د ن	٣٦	٧
دو ح	دو ح	٤١	٢
دو ح	دو ح	٤١	٤
دو ح	دو ح	٤١	٦
دو	دو	٤٢	٣
قطعة ح	قطعة ح	٤٢	٢٣
٥٥٧٦	٥١٧٦	٥٠	١٢
موضوعين	موضوعا	٧٥	٢٢
كنكلا	كنكلا	٨١	٥
الى ب ث د	الى ر ث د	٨١	٢٢
ام	ام	٨٧	١٥
كان م	كان د ر	٨٨	١٦
بينهما التناسب	بينهما التناسب	٩٠	٢١

خطا	صواب	صحيفة	سطر
مثلث ا ب ث	مثلث ا ب ث	٩٢	١١
هـ ب ث	هـ ب ث	٩٦	٢١
س ض ا ب	س ض ا ب	١٠٢	١
ص د	ص د	١٠٢	١٨
ل م ن ف	ل م ن و	١٠٣	١٨
(شكل ٢٨)	(شكل ٨)	١٠٦	٥
ن ح خ	ن ح خ م	١١٧	٩
ن و	ث و	١١٨	٢١
ج ر	خ ر	١٢٠	٢
ح ر	خ ر	١٢٠	٦
القطاع الخشب	لقطاع الخشب	١٢٨	٥
وس	وس	١٣٥	٢٢
بناء ذلك	بناء ذلك	١٣٦	٨
المجسمتين	المجسمتان	١٤٠	١٠
٤	١	١٤١	١٣
م ن ح ح	م ن ح خ	١٤٣	٨
ث	ث	١٤٥	٨
وتصغر	وتصغر	١٤٨	٢٤
ح ح ر ص	ح ح ر ض	١٥٤	٢٣
(شكل ١٧)	(شكل ١٨)	١٥٨	٢
(شكل ١٥)	(شكل ١٩)	١٥٨	١١
المسمى اوالياف	المسمى بالشبكة		
العين المشبكة	اوالياف العين		
بالشبكة	المشبكة	١٦٨	٣

خطا	صواب	صحيفة	سطر
ان الخيط	ان الخيط	١٩٢	١١
٢٥٥	٢٥٥	١٩٦	١٣
(شكل ٩)	(شكل ٦)	٢٠١	٤
٣٠٠	٣٠٠	٢٢٥	٦
والخار بور	والخار بور	٢٢٨	٢
د ف	د ق	٢٤٣	٥
المتطرفة	المتطرفة	٢٤٧	١٠
دائرة ابثد	دائرة ابث	٢٦١	٢٤

هذا

الجزء الأول من كتاب كشف رموز السر

المصون * في تطبيق الهندسة

على الفنون * تعريب

عيسى افندي

زهران



بسم الله الرحمن الرحيم

الحمد لله الذي امتد علمه بسائر الاشياء كل الامتداد * وتنزه عن ان تحصره
 اقطار وجهات وابعاد * احكم ما صنع * ووضعه على امتن اساس * واتقن
 ما ابتدع * لا على مثال ولا قياس * وغدت الافكار تهيم في دوائر ملكوته
 فلم تدرك له غاية * ولم تقف له عند حد ولا نهاية * والصلاة والسلام على من
 براهين فصاحته قاطعه * ودلائل بلاغته قامعه * هر كز محيط الماسر
 والمخاخر * منبع علوم الاوائل والاواخر * سيدنا محمد الذي خلق على احسن
 الاشكال * الجوهر الفرد الذي حل بالآيات اليبينات كل اشكال *
 وعلى آله واصحابه الذين اقاموا عماد الدين * على سطح مستو على الاستقامة
 متين * ثم الدعام لمخضرة نغرام آه الزمان * وصدر اهل التمدن والعمران *

مجدّد ببيان العلوم والفنون بعصرنا * بعد ان درست آثارها بمصرنا *
 رب الفناخر التي شهد فضلها الخاص والعام * ولما آتاني تسموع على الثريا
 وتفاخر الغمام * خلد الله حكومته الهبة * وبلغه كل التصد والامنية *
 ولا زال باقيا عدله المنشور * الى يوم البعث والنشور * وبعد فيقول مترجو
 هذا الكتاب لما كانت مدرسة الالسنه * حائرة من ككل فن احسنه *
 وكأمن انتظم في سلك تلامذتها شمرنا عن ساعد الجد والاجتهاد * وبذلنا كل
 الجهد في تحصيل المراد * وعثرنا على ذلك بهمة ناظر تلك المدرسة التي سلكت
 بحسن ادارته * وفرط عنايته * منهج التقدم والنجاح * وسارت سير البدر
 في غسق الدجا الى ظهور الصباح * حيث افرغ ومعه في التعليم * وسلك
 طريق التنهم والتنهيم * كيف لا وقد جمع بين مرتبي العقول والمنقول *
 وحاز فضايق الفروع والاصول * حضرة رفعة افندي * حفظه المعبد
 المبدي * فبعد ان تحققت الآمال * وجوزيت الاعمال * وكأمن زمرة
 رجال قلم الترجمة * الذي يأتي الله الان ينشر علمه وعلمه * ترجمنا من الفرنسية
 الى العربية باصر من تغت بدسه الورق على الايك * مديريون عموم
 المدارس ادهم بيك * القاضيا بالحاسن العلمية والعملية * المستوى على
 المعارف الكاية والجزئية * في العلوم الرياضية وغيرها الرياضية * كأناني تطبيق
 الهندسة والميكانيكا على الحرف والصناعات والفنون المستخرقة تحت رياسة
 رب الذكاء الرائق * والقهم الفائق * من فاق الاقران * في حومة الميدان *
 وبرع في الفنون الهندسية * ومهر في العلوم الرياضية * حضرة محمديوي
 افندي * وبتمجيحه لما يخص الهندسة مع ملاحظة واطلاع حضرة الافندي
 ناظر المدرسة والقلم المذكور المشار اليه فناء عيسوي زهران افندي ترجم الجزء
 الاول والسيد صالح افندي الجزء الثاني ومحمد افندي الحلواني الجزء الثالث ولما
 تمها التمام * وابس طراز الختام * وسمناه بكشف رموز السر المصون * في تطبيق
 الهندسة على الفنون * فجاء بحمد الله مرتب المعاني * مهذب المباني * يشهد
 لا يام ولي النعم بانها غر في وجوه الايام * شهادة صدق لا يعترعها نقض

ولا ابرام * وبالجمله فصاحب السعادة لا تنكر همته * ولا تبارى في تقويم
اود المالك رغبته * فهو جدير بما قاله فيه * الاضدى مترجم الجزء الثاني المشار
اليه * نظريرا لاسمه من بعض ما يجب لدولته عليه * مع تلقيبه بقطب
دائرة الوجود * رب الاحسان والجلود

قد طاف بي طيف الخيال السارى * ودنا الوصال وفزت بالاطوار
طفقت بي الاحشاء من فرط الجوى * تنقاد نحو طوارح الاقار
بشرى لتسلب فاز منها بالنسا * وسعت اليه يجيشها الجرار
دعنى عذولى لا تلتنى في الهوى * واترك مسلامي في الغرام ودار
أأثيت من شرع الهوى برسالة * في العذل تعذل صبوتى وغمارى
يكفيك ما قد حل بي من هجره * فسواى فى حب الملاح مزارى
رام السلو لمن احب عواذلى * والقلب لا يثقل فى تذكار
ناهت عقول ذوى الهوى فى حسنه * وسقام فى الحب كاس عقار
ان لم يجدنى بالوصل فانتى * باق على عهدى بلا انكار
لا اتنى للغير عند صدوده * كلا ولا اصبول ذات سوار
والله ما اسلو هواه وان سلا * وصبا دلا لامنه للاغيار
جار العذول واننى جار على * حكم الحبة بعد بعد الجار
والدمع سال ومهيجى تلت على * من حسنه يجلودجى الانهار
دل السقام على الغرام ولوعتى * من بعد ما قد اخفيت اسرارى
ريم برى الاحشا بسيف لحاظه * كالداورى بسينه البتار
بيت المكارم قطب دائرة العلا * عين الوجود ومركز الاخبار
ان سل فى الهيجاء عضبا صارما * باء العدا بمذلة وصغار
لله در اميرنا من فارس * فى الحرب يبرى خصمه ييوار
اختب به مصر عروس زمانها * ومن القنار دثرت بدثار
حوت الكمال وفاقت الامصار اذ * بهزرها افتخرت على الاقطار
سر الورى من فى الوغى قطع العدا * ولصكم برى من فارس جبار

افديه من بطل اما دلمصرنا * شمس المعارف في علو نخار
 نشرت نواريج الافاضل فضله * فبذكره ينجاب كل غبار
 وله من الاشبال تجل ناجب * ينخشاه كل غضنفر كزار
 الهازم الاعداء ابراهيم من * فتحت له ابواب كل حصار
 لم لا يفوق الكل وهو اخو العلا * نور الزمان وصفوة الابرار
 جلت مناقبه عن الاحصاء اذ * سارت مفاخره بكل ديار
 واختص بالنصر الذي بهر العدا * فتحاربه عن كل عار عارى
 دانت رقاب مخالفيه لامره * وروى علاه شواهد الانار
 مازال في الاقبال طول حياته * وعدوه مازال في اديار
 حاز الفخار طريفة وتليده * وسواه في كسب المناخر طارى
 ملاء القلوب مهابة فكأنه * عند التحلم الحرب ليث ضارى
 دلت ما ثره على عز ماته * أفى سواه يكون للاخطار
 عباسهم بالجوديسم والندا * نخر الامجد كامل المقدار
 ليث اذا عظم التزال غضنفر * اضحت دماء عدها كالانهار
 يفتقر ثغر الدهر عن احسانه * ومديحه يجلو قذى الابصار
 بسعيدهم سعد الزمان واهله * والبر فأنس وعم كل بحار
 اما حسين فانه يجنى من السنن تعليم روضا يافع الازهار
 شرف الزمان به ومن عبد الحليم غدا رقيقا طيب الاخبار
 اكرمهم من فتية حازوا العلا * ايسوغ اقطع عنهم اشعارى
 وهذا اوان التعريب * بعون القريب المجيب

الجزء الاول

(تطبيق الهندسة والميكانيكة على الحرف والصناعات والفنون المستخرجة)

(الدرس الاول)

في الخط المستقيم والزوايا والخطوط العمودية والمائلة

علم الهندسة يبحث فيه عن قياس الامتداد وتقويم نسبة

والامتداد هو الابعاد الثلاثة التي هي الطول والعرض والعمق

وتكون هذه الابعاد الثلاثة في جميع الاجسام التي تحتوى عليها الطبيعة

وفي سائر الاجسام التي تعمل بواسطة الصناعة وهي موجودة كذلك في كل

مسافة فارغة او مشغولة بجسم ما

سطح الجسم يتركب من جميع النقط التي تفصل هذا الفراغ المشغول بهذا

الجسم مما يلي من الفراغ المذكور

وبناء على ذلك يكون بالضرورة للسطح المذكور طول وعرض دون عمق حيث

ان النقط الداخلة في سمك الجسم ليست جزءا من سطحه

ويطلق الخط على النقط المتتالية الفاصلة لجزئ سطح جسم ما ومنه الخط

الهندسي وهو ما اشتمل على الطول دون العمق والعرض ويحتوى الفراغ الذي

يشغله جسم ما في وقت معلوم على جميع ابعاد هذا الجسم ويمكن تصور ذلك

تصوراتنا ما عند قولنا في قالب ونزعه منه

وبذلك يتصور الانسان المسافة المشغولة بهذا الجسم بمجرد النظر الى ذلك

القالب مثلا اذا رأينا علبه فارغة محتوية على جزء من الفراغ فالتناظر

ان صورة هذا الجزء الفراغي هي في الحقيقة الصورة الداخلية للعلبة

فعلى ذلك تكون الخواص الهندسية المنسوبة لابعاد الجسم منسوبة ايضا

لابعاد هذا الفراغ المشغول بهذا الجسم ومثل ذلك خواص سطوح

الاجسام تكون خواص الجزء الفراغ المشغول بهذا السطح في وقت معلوم

فلذلك كان المهندس المشتغل بالهندسة العلمية لا يعتبر جسمان من الاجسام

بخصوصه ولا سطعا من السطوح بخصوصه ليتوصل الى معرفة النسب

الموجودة في ابعاد هذا الجسم وسطحه وانما يتصور في الفراغ جزء الجسم
وسطحه لان هذين الشكليين يكفيان في الدلالة عليه ولوان في مثل هذا بعض
صعوبة الا انه يبرن العقل ويقوى الفكر وينشأ عنه فوائد عظيمة لمعرفة
الهندسة العملية والعملية وبناء عليه ينبغي ان تعود التلامذة على ذلك شيئاً
فشيئاً وان يبين اهم الاختلاف اللازم الموجود بين الاجسام على اعتبار
المهندس العلي والمهندس العملي ولا مانع من ان تتصور في الهندسة اجساماً
متداخلة في بعضها بحيث انها تشغل كلها او بعضها جزءاً من الفراغ في آن واحد
وذلك غير ممكن في الهندسة العملية وبالجملة فلا يمكن ان الاجزاء المادية للجسمين
تشغل معاً مساحة واحدة ولوظهر وقوع ذلك لقهم منه ان اجزاء احد
الجسمين المادية تدخل في فراغ الاخر مثال ذلك ادخال الماء في السفينة
وسياًق لنا كون هذه المحووظات لازمة لقهم حركة الاكوان وتناجها

فاذا فرض ان الجسم يقص شيئاً فشيئاً من ابعاده الثلاثة التي هي الطول
والعرض والعمق فانه يقرب شيئاً فشيئاً من النهاية الوهمية وهي النقطة
الهندسية التي باعتبارها يؤول كل بعد من هذه الابعاد الى صفر

وفي الفنون يطلق اسم النقطة غالباً على اجزاء السطح او الجسم اللذين ليس لهما
سوى الابعاد الصغيرة جداً كنقط الكتابة وقط الخطوط النقطية في الرسوم
الهندسية وغيرها بالجبر والقلم والرصاص ونقط الحكاكة او في غرزة الخياط
وهلم جرا

والنقطة ايضاً تصور من نهاية الاشياء المحددة كالمنقاش حيث ان هذه النهاية
لا تملك لها محسوس ومن الضروري تعود التلامذة على معرفة اعتبارات
النقطة بطرق متنوعة في الهندسة المحضة وتطبيقاتها

ولاجل سهولة علم الهندسة نتكلم اولاً على الخطوط ثم على السطوح ثم على
الاجسام التي تسمى حجوماً بالنظر للفراغ الذي تشغله وصلبة اذا كان لها
اشكال يمكنها البقاء عليها بنفسها اعني ان لا تكون مطروقة في ظروف اوبين
حواف ساجزة مثل النيذ في القزاز والماء في مجرى الانهار والبرك والبحار

وغير ذلك

ويفرض في علم الهندسة ان جميع الاجسام صلبة اى مجسمة اوان اشكالها منصبطة الثغريد اخله تحت قاعدة واحدة ممارسة المهندس لها واسهل سائر الخطوط واكثرها استعمالا في الفنون هو الخط المستقيم وهو الذى يقطعه الانسان في اقرب زمن عند اتباعه اتجاهها واحدا لانه اقصر بعد بين نقطتين

وكما انه لا يوجد بين نقطتين طريقان مستقيمان كل واحد منهما اقرب بعد من احدى النقطتين المذكورتين الى الاخرى لا يمكن كذلك رسم خطين مستقيمين بين نقطتين معلومتين فحينئذ لو فرض ان خطين مستقيمين اتصلا بهاتين النقطتين لا يتحدا معا وصارا خطا واحدا فاذا فرض ان هذين الخطين المستقيمين رسما على جسمين وانطبقا نقطتان من الخط الاول على نقطتين من الخط الثانى فانه عند انطباق هذين الخطين على بعضهما يتحدان معا ويصيران خطا واحدا وتستعمل خاصة هذا الخط المستقيم في الصناعة على حالتين

اولاهما لاجل الوقوف على صحة خط مرسوم بواسطة خط اخر معلوم الاستقامة يكتفى انطباق الثانى على الاول في نقطتين وينظر هل يطابقه في جميع نقطه ام لا فاذا لم يطابقه يكون الخط المعلوم غير مستقيم وعلى ذلك يلزم تصحيحه ثانيهما لاجل رسم الخطوط المستقيمة نستعمل لرسمها اجساما لها ضلع او عدة اضلاع مستقيمة كالسطر والقلايات

ولذلك نضع المسطرة والقلاية على السطح الذى ينطبق فيه الخط المستقيم المصنوع بالمسطرة والقلاية انطباقا كاملا في جميع نقطه لانه لا يمكن بدون ذلك رسم خط مستقيم على اى سطح كان ثم نرسم بقلم رصاص او منقاش او اى آلة سواء كان طرفها محددا او قاطعا خطا عيس بالمسطرة والقلاية فيهذا يصير الخط المرسوم مستقيما

وهذا هو سبب كون قطاع التراز يقطع على هيئة خط مستقيم بمسطرته وقلمه المنتهى بقطعة من الالماس الواح القرار المربعة التى يريد وضعها

وينبغي للانسان اذا اراد رسم خطين نقطتين مفروضتين ان يضع المسطرة بالتساوي على هاتين النقطتين بحيث تكون قريبة بحسب ما يقتضيه سلك القلم الرصاص والمنقاش الذي يرسم به ثم يجعل المسطرة ثابتة مدة الرسم بحيث يكون القلم الرصاص والمنقاش تماسا دائما للمسطرة

وعند ابتداء التلامذة في رسم الاشكال الهندسية يلزمهم الاتباع والزمين ليرسموا خطا مستقيما مع غاية التدقيق ويكون ذلك بواسطة القلم الرصاص لانه يحدث عندهم وقت الرسم بالخبر صعوبة اكثر من الطريقة الاولى حيث انهم يجعلون للخطوط التي يرسمونها عرضا صغيرا فاذا كان هذا العرض كبيرا نتج منه اطلاق الرسم وبالجملة فيلزم تمرين هؤلاء التلامذة على كونهم لا يعطون للخطوط التي يرسمونها الاسما كضروب التكون مشاهدة

ولنشرح الان عرض الخطوط الجارية في الفنون ونبتدأ اولا بالتكلم على الخط المستقيم كما بدأنا بالكلام على النقطة فنقول

قد عرف المهندسون ان هذا الخط له طول وقطرون عرض وعمق وفي الواقع ان كل الخطوط المستعملة في الفنون لها عرض ومن جعلتها الخطوط التي يرسمها المهندسون

ويطلق اسم الخط في الصناعة غالباً على تجويفات او نقوش ضيقة قليلة العمق وكثيرة الطول بحيث تقرب من الخط الذي يتصوره المهندسون كخطوط الاستحكامات الخفيفة التي يهايط المحاصرون او المحاصرون محلا

والخط عند ارباب الكتابة والطباعة القوساوية يطلق على السطر فهو تسلسل كلمات متجمعة وموضوعة كلها على استقامة واحدة وسمكة يساوي ارتفاع الحروف وهو صغير جدا بالنسبة لطول هذا الخط

وهو عند الحباله حبل قليل السمك بالنسبة لطوله فيلزم جعل هذا الخط او الحبل من جملة آلات الهندسة العملية المستعملة في الفنون ويكون للحبل المشدود الطرفين صورة مستقيم بقطع النظر عن ثقله مثلا اذا كان الحبل المشدود من طرفيه موضوعا على السطح الذي يراد عليه رسم خط مستقيم

فانه يلون بشئ ابيض او احمر او غير ذلك ثم يشد ويرخي فبارتخائه يرسم على
السطح الخط المستقيم المطلوب

ولننبه الطالب ايضا على خواص الخط المستقيم كانه ينهه على خواص النقطة
بان يميز الخطوط الوهمية الهندسية والخطوط العملية ويرى في احوال كثيرة
ان تقدمات الفنون تقرب شيئاً فشيئاً في عماليات الصناعة من ذلك التصور
الهندسى الذى ينبغى لتلازمة معرفة طبيعته وخواصه ولكن يلزم ان يعطى
اهم قبل الوصول الى ذلك صورة لسطح الذى يرسم بخط مستقيم وهو السطح
المستوى المسمى ايضا المستوى نقطة قول

اذا وضع في جهة ما خط مستقيم على سطح مستو وكانت قطعتا الخط المستقيم
متحدتين مع المستوى فجميع نقط هذا الخط تكون متحدة ايضا مع السطح
ويستعمل المستوى في الفنون لصناعة الخط المستقيم وكذلك يستعمل الخط
المستقيم لصناعة المستوى وسيظهر لك ذلك تفصيلا عند ذكر السطوح
خصوصا (راجع الدرس السادس)

واعلم ان رسم الضرورية لفنون والحرف يرسم على مستو مجهز قبل ذلك
وقد يستعمل في الرسوم الصغيرة ورق او عاج وفي الرسوم الجسيمة مجهزون
اهناك باللوحة منسعة كما ان مهندسى السفن يدرون لوحا كبيرا على قدر طول
اقبل المركب وهو المسمى بالارنيك واما النجارون وقطاع الخشب
فانهم يصنعون رسمهم على سطح مستو مستورا اما المهندسون فانهم يرسمون
اشكال الانشطار على سطوح انقضية من الجص ولا يتحققون صحة الرسم
الا اذا كان السطح المستوى صحيح الاستواء بحيث ان الخط المستقيم الموضوع
عليه يتقدمه في جميع نقطه

(بيان اقيسة الطول)

قد يستعمل الخط المستقيم الذى هو اقصر بعد من نقطة الى نقطة ثانية لقياس
المسافة القصيرة المنحصرة بين نقطتين
ويستعمل هذا الخط ايضا لقياس الابعاد الاعتيادية للاجسام وبهذه

الطريقة يتقيدون ابعاء كتلة خشب اويث اوسقية او غير ذلك
ولاجل مقابلة هذه الاقيسة المتنوعة ينعينها يلزم ان ياخذ منها واحدا ويجعلها
احاد قياس لها وتنتظر كيف يتكرر هذا الاحاد في الشيء المراد قياسه فاذا كان
يتكرر فيه ١ او ٢ او ٣ او ٤ او ٥ مع العدة فلا صعوبة في العملية وليس
كذلك فيما اذا بقي من الخط انقياس جزء يكون اقل من الطول الماخوذ احادا
فيتمتذ يؤخذ هذا الاحاد ويقسم الى اخرات متساوية مثل ١٠ و ١٠٠
و ١٠٠٠ ثم تبحث عما يحتوى عليه الخط المستقيم المعد للقياس من
العشرات والمئين والالوف من احاد القياس

(بيان المقياس)

المقياس خط مستقيم مثل أ ب شكل (١) موضوع عليه عدة
احاد القياس وتقسيمات هذه الاحاد وقد تقرر ان الهندسة العلمية طريقة
استعمال هذه المقاييس ورسمها بغاية الضبط وهي من العمليات المهمة
في اشغال الصناعة التي ينتج منها النجاح لضبط القياس (راجع الدرس
الخامس)

ومن الضروري لارباب الفنون ان يكونوا محترسين على خط مستقيم منقسم
على حسب القياس المتبول عند كافة الناس كالاقيسة التدعية مثل القدم
والهنداسة والحديدية كالتر المتجزء على مسطرة

وقد تشتري الصناعات غالباً الآلات وما ايدس غير مضبوطة التقسيم وقريبة
الخلل فمن يحرص مراعاة للوفر الذي في غير محله في المستحسن للصناعات
ان يشتروا دما المقاييس والآلات العظيمة المضبوطة من كل جنس لان
القوالب التي تعود على اشغالهم من حسن الآلات تعوض عليهم المصروف
الذي بذلوه في ثمنها وستكلم في كثير من المواضع على حقيقة ذلك

ويجب علينا بعد اعتبار الخط المستقيم منفردا ان نعتبر عدة خطوط مستقيمة
بالنظر لا وناعها فقول

اذا فرضنا ان مستقيم أ ب س (شكل ٢٧) يدور حول نقطة أ

الثابتة ويأخذ على التوالي اوضاع ا ث اد اه الخ ففي هذه
الحركة يبعد الخط المذكور شيئاً من وضعه الاصلى وهو ا ب س
ويسمون بالزاوية انقراج ب ا ث او ب اد او ب اه من خط
الى آخر وقطة ا التى يمتد منها خطا ا ب و ا ث تسمى راس
الزاوية وخطا ا ب و ا ث هما ضلعا الزاوية ويسمون فى بعض
الاقوات الزاوية الواقعة بين ضلعي ا ب و ا ث زاوية ا فقط
وفى الغالب يقولون بزاوية ب ا ث بشرط ان يكون حرف ا
الذى هو راس الزاوية بين حرفي ب و ث الموجودين فى ضلعها
وحين يدور خط ا ث (شكل ٢) حول راس ا يصل الى وضع ا م
المقابل لخط ا ب فاذا استمر على الدوران فانه يقرب من ا ب من
الجهة المتعكسة الى ان يعود ثانياً على ا ب بعد ان يدور دورة كاملة
ومن المعلوم ان مستقيم ا س دار فى وضع ا م نصف دورة من ا ب
وبالجملة اذا اتى الجزء الاعلى من شكل ب ا م ه على جزئه الاسفل
فان الاول ينطبق على الثانى انطباقاً كلياً
وفى الحركات العسكرية بعد اصطاف العساكر اعنى وضعها على خط مستقيم
ونوجهها الى جهة فيحتاج فى الغالب اتجاهاها الى الجهة المقابلة للاولى فحين
يصدر النداء بعمل نصف دورة الى الجهة اليمنى ففى وقتها يدور كل واحد من
العساكر على احد كعبه المشار اليه بحرف ا (شكل ٣) ولكيلا
يحصل خلل فى هذه الحركة يضع العسكرى القدم الاخر المعبّر عنه بحرف
ب خلف الاول (شكل ٤) ويدور حقيقته على كعبه دورة كاملة
ويكمل كل واحد من هذين القدمين نصف دورة (شكل ٥) ويصير
القدم الذى ك ان جهة الخلف الى جهة الامام ويصير على الصف الاول
(شكل ٦) فاذا دار العسكرى ثانياً نصف دورة فانه يجد نفسه فى اتجاهاه

الاصلي وتكمل دورته حيثئذ

واذا اعتبرنا الزاويتين الحاصلتين من مستقيمي $\overline{ا\theta}$ و $\overline{د\alpha}$ كما في (شكل ٧) وجدنا احدهما وهي β $\overline{ا\theta}$ صغيرة والثانية وهي γ $\overline{ا\theta}$ كبيرة ومجموعهما يساوي نصف دورة من دوران خط $\overline{ا\theta}$ من ابتدا α الى α واذن تكون زاوية β $\overline{ا\theta}$ هي التي تنقص من زاوية γ $\overline{ا\theta}$ لتكون نصف دورة كاملة وكذلك زاوية γ $\overline{ا\theta}$ هي الناقصة من زاوية β $\overline{ا\theta}$ لتحدث نصف دورة كاملة فلذا يقال ان زاوية β $\overline{ا\theta}$ هي الممتدة لزاوية γ $\overline{ا\theta}$ وكذلك زاوية γ $\overline{ا\theta}$ هي الممتدة لزاوية β $\overline{ا\theta}$

واذا فرضنا ان زاوية β $\overline{ا\theta}$ تزيد لكون خط $\overline{ا\theta}$ يبعد عن خط $\alpha\beta$ فان زاوية γ $\overline{ا\theta}$ الممتدة تنقص ويأتى وقت تزداد فيه زاوية β $\overline{ا\theta}$ وتنقص فيه زاوية γ $\overline{ا\theta}$ الكبيرة حتى يصير الزاويتان متساويتين (شكل ٨) وكل من حاتين الزاويتين المتساويتين تسمى زاوية قائمة فاذن تكون الزاوية القائمة نصف دورة من الدوران الكامل اعني ربع دورة ثم ان زاوية β $\overline{ا\theta}$ القائمة او γ $\overline{ا\theta}$ (شكل ٨) او ربع الدورة هي الزاوية التي يحتاج الى احداها اوقياسها في جميع الاوقات لاجراء جملة عظيمة من اشغال الفنون

ويستعملون غالبا في الحركات العسكرية ربع الدورة الذي يسمى ربع قلبة ومتى لزم انقلاب البلول المصطف على اتجاه $\alpha\beta$ (شكل ٨) من هذا الوضع الى وضع $\alpha\theta$ العمودي فانه يدور ويقلب حول نقطة α ويحدث دورة واقلا باناما حتى يرجع الى وضعه الاول اذا دار دائما الى جهة واحدة

ولا يحدث الاربع دورة لكي يصل الى الوضع الاول العمودى ويحددون جملة هذه الحركة بان يأمر وبالادوران الى الجهة اليمنى او اليسرى

واذا فرضنا حينئذ خطين آخرين مستقيمين كخطى م و ن و ول (شكل ٩) و (١٠) اللذين وجدلهم موضع ول حيث ان زاويتي ن و م و ول متساويتان اقول ان هاتين الزاويتين يصيران مساويتين للزاويتين الاولىين وهما ب ا ث و د ا ث (شكل ٨) اللتان اطلق عليهما فيما سبق اسم الزاويتين القائمتين

ولبيان ذلك نضع مستقيما د ا ب (شكل ٨) على خط م و ن (شكل ٩) بحيث يتحدان فى جميع قطعهما كاتحاد الخطين المستقيمين وتقع نقطة ا على نقطة و فيثبتينبغى ان ضلع ا ث يقع بالجهة والضبط على ضلع ول واذا قدرنا لخط ا ث (شكل ٩) وضعنا آخر وكان واقعا على يسار ول فن المعلوم ان زاويتي ث ا ب

و د ا ب اكونهما متساويتين لا يمكن ان تكون زاوية م و ن الزائدة بزاوية ث و ول عن الاولى وزاوية ن و ول الناقصة عن الثانية بنفس زاوية ث و ول متساويتين بخلاف ما اذا وقع خط ا ث (شكل ١٠) على يمين ول فان زاويتي ب ا ث و د ا ث حيث انهما متساويتان فلا يمكن ان تكون زاوية م و ن التى هى اصغر من زاوية د ا ث مساوية لزاوية م و ن التى هى اكبر من زاوية ب ا ث فبنا على ذلك لا يمكن وقوع خط ا ث على يمين ول ولا على يساره

بل يقع بالتدقيق عليه كلية فالزوايا القائمة المتألفة من جهة من مستقي

أ ب د ومن جهة أخرى من مستقي و ل و م ن
المتغيرين تكون كلهما متساوية دائماً

وهذه هي القاعدة الأولى التي ينبغي عليها استعمال المسطرة المثلثية وهذه

المسطرة مركبة من مسطرتين قائمتين مثل أ ب و أ ث (شكل ١١)
الثابتين في نقطة أ بحيث يتركب منهما زاوية قائمة فإذا اردنا ان نرسم من

نقطة و (شكل ١٢) خط و ل بان يجعل بينهما خط م و ن

زاويتين قائمتين نضع ضلع أ ث من المسطرة على طول خط و ن بشرط

ان نقطة أ تقرب بقدر الامكان من نقطة و ثم نرسم مستقيم و ل
بالطرق الاعتيادية فيكون هو الخط المطلوب

فإذا استعمل ارباب الصنائع مسطرة غير كاملة الضبط فان جميع عملياتهم
تكون عرضة للخلل فبناء على ذلك يجب عليهم غاية الاهتمام بضبط المسطرة
المثلثية التي يستعملونها في اشغالهم وبالجمله فلا شيء اسهل من ذلك

* (امتحان صحة المسطرة المثلثية) *

لاجل ضبط مسطرة ب أ ث (شكل ١١) نبتدئ بان نرسم مع

الضبط مستقيم م و ن (شكل ١٣) على سطح مستو ثم نضع ضلع

أ ث باقرب ما يكون على طول و ن ونرسم خط و ل على طول

أ ب وبعد ذلك نقلب المسطرة المذكورة ونضعها على ب أ ث مع

وضعنا أ ث على طول و م ونظرا ما يكون اتجاه الضلع الثاني وهو أ ب

أولا اذا وقع على خط و ل المرسوم كانت المسطرة مضبوطة ثانيا اذا

لم يقع الضلع الثاني على و ل كانت غير مضبوطة وتكون الزاوية

الناجمة عنها صغيرة جدا ثالثا اذا تجاوز الضلع الثاني خط ول فهي غير مضبوطة ايضا وتكون الزاوية الحادثة منها كبيرة وسترى الطرق التي يمكن ارباب الصنائع استعمالها لضبط المسطرة التي ليست مضبوطة

ثم ان فجارى الترسانة يسهون بالمسطرة المتحركة آلة صورتها س ص ز (شكل ١٤) يسهل بها اخذ قياس جميع الزوايا ونقلها وهذه الآلة مركبة من مسطرتين يدوران على مدار واحد لا يخرجان عنه بحيث يمكن بواسطتها تكوين جميع الزوايا كبيرة او صغيرة

وقديهم في انضمام هاتين المسطرتين لكيلا تدور احدهما على الاخرى من غير ان يحصل لهما بعض احتكاك وان يحفظ موضعهما الاصلى متى امكن فتح الزاوية التي يصنعانها ونقلها مع السهولة ويرى على مقتضى ما ذكرناه يسهل

نقل زاوية ما كزاوية ب ا ث (شكل ١٤) من ابتداء نقطة و

(شكل ١٥) بان يؤخذ ضلع ول من زاوية ل و ن الجديدة

التي يلزم ان تساوى زاوية ب ا ث

ونحدر المسطرة المتحركة بحيث ان ضلعي س ص و ص ز يتبعان

استقامتي ا ب و ا ب (شكل ١٤) ثم تنقل تلك المسطرة

على (شكل ١٥) بشرط ان لا يحصل تغير للزاوية المصنوعة

ونضع س ص على ول فحينئذ ادار بمنابقم رصاص او منقاش

وحبل خطا مستقيما مثل خط وم على امتداد ضلع ص ز تصير زاوية

م و ل مساوية لزاوية ب ا ث

(بيان تطبيق الاجسام على بعضها) *

ويجب التنبيه على الطريقة التي نستعملها هنا لتركيب الزوايا ولتحقيق تساويها بان نضع المسطرة المثلثية على الاشكال ونضع الاشكال على بعضها ونستعمل هذه الطريقة في عدة من عمليات الصناعة وبجملته من البراهين الهندسية فنقول انه متى وضع شكل على آخر وانطبقا انطباقا كلياً في جميع ابعادهما كانا متحدى الصورة والقدر ويكونان متساويين بالكلية ويحدث منهما شكل مساو لشكل آخر على هذا الوجه فلذا يضع الخياطون ونحوهم الارائيك على الاقشة التي يريدون تفصيلها مع غاية الدقة بحسب محيط هذه الارائيك التي على هيئة الاشكال اللازم تصورها ووضعها

ومتى حدث من خط $ا\theta$ (شكل ١٦) وخط $د ا ب$ زاويتان قائمتان كزاويتي $ب ا\theta$ و $\theta ا د$ كان خط $ا\theta$ عموداً على خط $د ا ب$ فبناءً على ذلك تنزل عمود $ا\theta$ على مستقيم $د ا ب$ بوضع ضلع $ص ز$ من المسطرة المثلثية التي هي $س ص ز$ على استقامة $ا ب$ وترسم مستقيم $ا\theta$ على امتقاة ضلع $س ص$ وسنشرح طرقاً لرسم الخطوط العمودية فنقول اننا اذا قمنا شكل ١٧ الى اثنين بشرط ان يكون مستقيم $ا ب هـ$ هو قائل الثاني اي الحد المشتركين الاثنين فحيث ان زاويتي $ا ب ل$ و $ا ب\theta$ متساويتان نضع مستقيم $ب\theta$ على $ب د$ فاذن تطبق زاوية $\theta ب هـ$ على زاوية $د ب هـ$ مع الضبط فتكون هاتان الزاويتان الاخيرتان متساويتين كالزاويتين الاوليين وحيث متى تقاطع خطان مستقيمان وكان من جملة الزوايا المتألفة من تقاطعهما زاوية قائمة فان الثلاثة الاخر تكون قائمة كذلك وبناءً على ذلك يكون كل من جزئي $ا ب$ و $ب هـ$ الذي هو واحد الخطوط المستقيمة عموداً على الآخر

ومن المقيدان يبرهن انه لا يمكن ان تنزل من نقطة ب (شكل ١٨) الا
 بعمود ب أ على مستقيم د ا ث المقروض
 ولانبات ذلك قرض انه يمكن مد عمودى ب أ و ب د من نقطة
ب على قس هذا المستقيم الذى هو د ا ث وعند ب أ بشرط ان
 يكون خط أ ر مساويا لخط أ ب ثم نصل مستقيم د ر
 ونثنى جزء د ا ث - جميعه على د ا ث ب بحيث ان زاويتى
ا ث و ب ا ث متساويتان فيكون خط أ ر موضوعا على أ ب
 ونقطة ر على نقطة ب ويكون خط د ر موضوعا على د ب
 واذن زاوية أ د ر تكون مساوية لزاوية أ د ب القائمة فيكون
 خط د ر على ذلك جزأ من عمود د ب فينتج من هذا انه يمكن رسم
 خطين مستقيمين مثل أ ب و د ب بين نقطتى ر
و ب وهذا مستحيل

وبجميع هذه المقدمات مذكورة في شأن الزوايا القائمة فلنستكمل الان على الزوايا
 المائلة فنقول

اذا تركب من مستقيمي ث د و ث ب (شكل ١٩) زاويتان
 متباينتان تكون احدهما اصغر من قائمة ا ث ه والاخرى اكبر منها
 فالصغرى تسمى زاوية حادة وتسمى الكبرى زاوية منفرجة
 فمن المعلوم ان هاتين الزاويتين يشغلان المسافة التى حول نقطة ث جهة
 ضلع أ ب كما ان قائمتى ا ث ه و د ث ه يشغلانها فيكون حينئذ
 مجموع حادة ب ث د ومنفرجة ا ث د مساويا لزاويتين قائمتين
 وذلك انك تجد بالسهولة ان حادة ب ث د تساوى زاوية قائمة ناقص

د ه وان منفرجة ا ب د تساوي زاوية قائمة زائد د ه
فاذن يكون مجموعهما مساويا زاويتين قائمتين

وانفرض الان اننا نمد خط د ه الى ث ف وتقابل زاويتي

ا ب ث و ب ث ف بالزاويتين الاوليين

فينتج لنا اولا ان زاويتي ا ب د و ب ث د الناتجتين من خط

د ه و خط ا ب المستقيم يساويان زاويتين قائمتين وبناء على ذلك تكون

زاوية ب ث د مساوية لزاويتين قائمتين ناقص ا ب د ثانيا ان

زاوية ا ب د وزاوية ا ب ث الحادتين من خط ا ب

الواقع على خط ا ب يساويان زاويتين قائمتين فتكون زاوية

ا ب ث مساوية لزاويتين قائمتين ناقص ا ب د وينتج من ذلك

ايضا ان كلا من زاويتي ب ث د و ا ب ث تكون مساوية

لزاويتين قائمتين ناقص ا ب د ونثبت بمثل ذلك مساواة زاويتي ا ب د

و ب ث المتقابلتين في الرأس كالزاويتين الاوليين

وحينئذ اذا تقاطع خطان مستقيمان فانه يحدث منهما اربع زوايا فيكون

اولا مجموع الزاويتين المتجاورتين مساويا لزاويتين قائمتين ثانيا الزوايا

المتقابلة في الرأس متساوية

ويمكن الالتمس المقابلة بين الاعمدة والخطوط المائلة فنقول

اننا اذا وصلنا من نقطة ما كنقطة د (شكل ٢٠) خطا مستقيما مثل

د ه الى مستقيم ا ب وكانت زاويتا ا د ه و د ه ث غير قائمتين

فيكون خط د ه ليس عمودا على خط ا ب بل يكون مائلا عليه وزيادة

على ذلك اذا وصلنا خط د ه عمودا على خط ا ب فان الزاوية الاخيرة

من زوايى $\overline{ا ه د}$ و $\overline{ب ه د}$ المقابلة لخط $\overline{د ث}$ تكون حادة
والاخرى منفرجة

فالا ن اذا طولنا خط $\overline{د ث}$ الى نقطة $\overline{د}$ بشرط ان يكون خط $\overline{د ث}$
مساويا لخط $\overline{ث د}$ ورسمنا ايضا خط $\overline{ه د}$ المستقيم ثم تبينا الجزء الاسفل
من الشكل بتدويره كدويره على $\overline{ا ب}$ فخط $\overline{ث د}$ يقع على $\overline{د ث}$
ونقطة $\overline{د}$ تقع على نقطة $\overline{د}$ وحيث ان زوايى $\overline{ب ث د}$ و $\overline{ب د ه}$
متساويتان فاذن $\overline{ه د}$ يساوى $\overline{ه د}$ وزيادة على ذلك يكون خط $\overline{ه د}$
المنكسر اطول من خط $\overline{د ث}$ المستقيم المرسوم بين طرفى $\overline{د و}$
فيثبت $\overline{د و}$ نصف $\overline{د و}$ الذى هو مائل $\overline{د ه}$ اطول من نصف
 $\overline{د ث}$ وهو عود $\overline{د ث}$

فهذه هي الخاصية العامة لمستقيم $\overline{د ث}$ (شكل ٢٠) العمودى
على مستقيم آخر مستقيم $\overline{ا ب}$ وهو انه يكون اقصر من كل خط مائل
مرسوم من نقطة $\overline{د}$ وهى نهاية العمود الواقع على هذا المستقيم الذى
هو $\overline{ا ب}$ ولما كان خطا $\overline{د ث}$ و $\overline{د ه}$ يقسمان الابعاد التى بين
نقطة $\overline{د}$ ومستقيم $\overline{ا ب}$ نشأ عن ذلك انه لاجل الانتقال من نقطة
الى خط مستقيم يكون اقصر بعد هو العمود النازل من هذه النقطة على
ذلك المستقيم

وهذه هي احدى الخواص الشهيرة النافعة لتطبيق اصول الهندسة على
القنون

وكثيرا ما يحتاج الانسان الى البحث عن استخراج المسافات الصغيرة والسطوح
القليلة الامتداد والجوهر الصغيرة بشروط معلومة لكن قل ان يسهل عليك
استخراجها وحيث ان مسائل هذا الترتيب يقضى عليها اختصار علييات

الصناعة وجب علينا ان نشتغل بها كثيرا ونبذل كل الجهد في اظهار سرها
فتقول

لفرض الان (شكل ٢١) اتنازلنا خط د ب عودا على ا ث
فينتج من ذلك ان ب ا يساوي ب ث فتقول ان الخطين المائلين
النازحين من نقطة د الى نقطة ا ومن نقطة د الى نقطة ث
يكونان متساويين وذلك اتنا اذا قيسنا جزء ب د ث على جزء ب د ا
واعتبرنا عمود ب ك لولبا فن حيث ان زاويتي ا ب د و ث ب د
القائمتين متساويتان فان خط ب ث يقع على خط ب ا وتقع
نقطة ث على نقطة ا فاذن يكون خط د ث مساويا لخط د ا
وبناء على ذلك كل خطين مائلين على بعد واحد من العمود يكونان
متساويين

* (عملية تصحيح الخطوط العمودية) *

كان الرسامون والتجارون وقطاعو الخشب وصناعو الارانيك وغيرهم
يستعملون هذه الخاصية بكثرة متى ارادوا امتحان عمودية خط على آخر هل هي
صحيحة او لا بدون استعمال المسطرة المثلثية فكانوا يقيسون مع الضبط طول
ب ا و ب ث المتساويين بالا ابتداء من خط ب د الذي
يريدون تحقيق وضعه ثم يقيسون ايضا بمسطرة او باي آلة بعد تقطعي ا و د
وهو طول خط ا د المائل ويضعون هذا الطول على خط د ث
بالانتقال من نقطة د فان انطبق بالكلية على نقطة ث فان خطي
ا د و د ث المائلين يكونان متساويين ويكون ب د عودا على
خط ا ث

ومتى اريد تحقيق وضع عمودية خط ب د على خط ا ب ث فانه لا ينبغي

ان تجعل خط د ا المائل قريباً كثيراً من ذلك العمود لانه لو قرب كثيراً من نقطة ب لكان الخلل المحسوس في وضع هذا العمود لا ينشأ عنه خلل الاشئ يسير في طول خط د ر المائل ويصير العمل عرضة للخلل وهكذا يتولد الخلل من وضع الخطوط المائلة بعيدة كثيراً عن العمود وخير الاوضاع ما يقرب من الاوضاع التي تكون فيها خطوط

ا ب و ب ث و ب د متساوية

فبمثل هذه الاختراعات التي يعمل بها هذا الغرض في كل حالة بخصوصها يمكن ارباب الصنائع ان يعطوا الرسومهم وعماراتهم وآلاتهم درجة الضبط اللازمة للصناعة الكاملة

ولا يكفي البرهنة على ان الخطوط المائلة اطول من الخطوط العمودية وانما يلزم البرهنة الجيدة على ان الخطوط المائلة تكون كثيرة الطول كلما بعدت عن الخط العمودي

وبيان ذلك ان نقول (شكل ٢٢) انه اذا كان خط ود عمودا على خط وب كان اقصر خطي د ث و د ب المائلين هو اقربهما من العمود لانتسا اذا رسمنا خط ث ك عمودا على د ث نتج بهذا السبب ان د ث اقصر من د ك ومن باب اولي اقصر من د ب

وستقف على حقيقة هذه الخاصية في ميكانيكة العمليات الجمة فاذا فرضنا قرب جسم ب (شكل ٢٣) من ا ب العمودي على ب م وفرضنا كذلك ارتباط هذا الجسم بجلبى ب ا و ب ث ثم جذبنا الاول من نقطة ا والثاني من نقطة ث لاجل تنقيص المسافتين الحاصلتين بين هاتين النقطتين والجسم فيلزم ان الجسم يتقدم شيئاً فشيئاً بشرط ان ينشأ عنه عدة خطوط مثل ا ب ثم ا ب و ب ث ثم ب ث الخ الاخذة

في الميل شيئاً فشيئاً وهي التي تصير بهذا السبب قصيرة جداً وبالعكس إذا اردنا
 ابعاد جسم $\overline{ب}$ عن $\overline{أ}$ فالتاسعة تعمل قضباناً غير لينية من الحديد
 او الخشب لتحركه الى السير من تقطعي $\overline{ث}$ و $\overline{أ}$ وتضع هذه القضبان
 وضعا يزيد في الميل شيئاً فشيئاً وكذلك نجعل لها طولاً كبيراً اما بين تقطعي $\overline{ب}$
 و $\overline{أ}$ او بين $\overline{ب}$ و $\overline{ث}$

(الدرس الثاني)*

في الخطوط المتوازية وارتباطها بالخطوط العمودية والمائلة
 يكون الخطان المستقيمان متوازيين إذا لم يلاقيا عند امتدادهما من الجهتين
 مهما أمكن

فعلى ذلك يمكن ان نرسم من نقطة $\overline{أ}$ (شكل ١ وشكل ٢) مستقيماً مثل
 $\overline{أ ب}$ الذي اذا امتد من طرفيه لا يلاقى خطاً آخر مستقيماً كخط $\overline{ث د}$
 حينئذ يكون موازياً له وبالعكس لا يمكن ان نرسم من نقطة $\overline{أ}$ الا خطاً واحداً
 موازياً لخط آخر

ولاجل ايجاد خط $\overline{أ ب}$ يلزم ان نرسم من نقطة $\overline{أ}$ خط $\overline{أ ث}$ عموداً
 على خط $\overline{ث د}$ ثم نرسم كذلك $\overline{أ ب}$ عموداً على $\overline{أ ث}$ فيصير
 حينئذ خط $\overline{أ ب}$ موازياً لخط $\overline{ث د}$ وذلك لانه اذا تلاقي خطا $\overline{أ ب}$
 و $\overline{أ ث}$ في نقطة واحدة يمكن تنزيل عمودين من تلك النقطة المفروضة على
 خط $\overline{أ ث}$ المستقيم وهذا غير ممكن (كما في الدرس الاول)*

ولنبرهن الآن على ان كل خط مثل $\overline{أ ه}$ يقطع $\overline{ث د}$ فنقول
 مهما كانت زاوية $\overline{ب أ ه}$ صغيرة فانه يجب عليهما عند تدوير $\overline{أ ه}$
 حول نقطة $\overline{أ}$ لبعده عن $\overline{أ ب}$ ان تكون زاوية $\overline{ب أ ه}$ مراراً
 عديدة لكي تملأ المسافة المنحصرة في ربع دور $\overline{ب أ ث}$ ولكن اذا اخذنا

عدة نقط بقدر ما يمكن مثل θ و θ و θ الخ المتباعدة عن بعضها
بمسافة مساوية لمسافة θ ثم اتفان عدة θ و θ و θ و θ
و θ و θ الخ فتقسم هذه الاعددة بعد θ θ θ θ θ الى
مسافات متوازية مسطحها كسطح θ θ فيقتدي يمكن رسم مسافات
كبيرة العدد بقدر ما يوجد من الزوايا الصغيرة مثل θ θ و θ θ و θ θ
و θ θ الخ في زاوية θ θ القائمة فاذن تكون المسافة
المثغولة بمسافة θ θ الخ اصغر من المسافة المحصورة في زاوية
 θ θ وتوابع هذه الزاوية في الصغر ما بلغت وبهذا السبب يقطع خط θ θ
المستقيم المتوازي θ θ وبدون ذلك يلزم ان تكون مسافة θ θ
التي هي حرم θ θ اكبر من مسافة θ θ وهذا
غير ممكن

ومن هنا ينتج انه اذا كان مستقيمان مثل مستقيمي θ θ
متوازيين وكان احدهما عمودا على خط آخر ثالث مثل θ θ كان الاخر
عمودا على هذا الخط الثالث
ويستعملون في فن الرسم ورسوم التجارة هذه الخاصية الموجودة في المتوازيات
فيصنعون آلة تسمى تاء لانها مركبة من جزئي θ θ و θ θ (شكل ٣)
المتجمعين على شكل حرف التاء الفرناوية ويضعون فرع θ θ كثيف
السلك والبارز من اسفل على امتداد θ θ من لوحة θ θ
ولما كان القرع الاخر الذي هو θ θ عمودا على الاول نشأ عن ذلك
ان خطي θ θ و θ θ المستقيمين الرسمين على امتداد فرع

وح يكونان متوازيين

واذا اريد تنظيم الجيوش العسكرية صفافا عنى بلوكات متوازية مثل

اب و ث د و ه ف الخ (شكل ٤) فانهم يضعون ادلة

ا و ث و ه و غ على خط مستقيم وابعاد متساوية ثم يصفون

كل بلوك اصطفا فاعوديا على مستقيم ا ث ه غ الخ فيتحقق حينئذ

ان البلوكات موازية لبعضها

ويستعملون في الفنون بكثرة الخطوط المستقيمة المتساوية البعد

وفي نسخ اليد و طبع الكتب تكون الحروف موضوعة على خطوط متساوية

الابعاد اى متوازية كالالف و ا ب م من اسم الله عز وجل

ويستعملون في فن الموسيقى الخطوط المتوازية المتساوية البعد (شكل ٥)

ليضعوا فيها نطا حلقية ملونة او فارغة بسيطة او مركبة باذيال متوازية

ثم يجمعون هذه النقاط الحلقية بحيث لا يلزم للغناء او لاجراء نغمات كل جملة

الازمن واحد وهذا الزمن هو المسمى بالقياس وتكون الخطوط المتنوعة

منفصلة بخطوط مستقيمة عمودية على الخطوط الاول المتوازية وبناء على

ذلك تكون هذه الاعددة خطوطا موازية لبعضها

ويرسمون في الغالب مرة واحدة خمس خطوط متوازية بواسطة قلم جدول

له خمسة اسنان موضوعة على خط مستقيم ورسكا عند الرسم على مسطرة

بشرط ان تكون الاسنان الخمسة موضوعة على صف عمودى على هذه

المسطرة فن الواضح حينئذ ان ترسم خمسة خطوط متساوية الابعاد

ومتوازية ايضا

واستعمال الخطوط المتوازية المتساوية البعد غير متناه في سائر الفنون

حيث ان الحراث يصنع خطوطه على موجب الخطوط الموضوعة هكذا

فعند ما يحرث الارض ويمر محراثه على خط مستقيم ترسم اسنان المحراث

المتساوية البعد خطوطا مستقيمة متوازية وبناء على ذلك تؤثر اسنان الآلة

كلها في الارض على السوية لتقسم قطع الارض التي فصلها من الممرات الى قطع صغيرة وكبيرة

واذا اراد النقاش رسم سطوح كاملة الاستواء فانه يرسم اول اجزاء كبيرة الظل او صغيرة بخطوط غليظة او رفيعة لكنها تكون متوازية ومتساوية البعد

فاذا اراد رسم سطوح مستوية وكان جرؤ منها يبعده عن الراصد او سطح السماء فانه يستعمل ايضا خطوطا ظلية مستقيمة ومتوازية ويمكنه ان يجعلها على ابعاد متساوية بشرط ان تكون الخطوط القريبة من الراصد اعماق واعرض من الاخرى ويمكنه ايضا ان يصنع خطوطه الظلية على منوال واحد في العمق والعرض لكنها تكون متباعدة عن بعضها بقدر ما تكون نقط الفراغ الدالة عليها قليلة الظل او قليلة البعد عن الراصد وهذه التدريجات لها قواعد هندسية فينبغي لكل من اراد من ارباب الفنون تحسين علميته ان يقف على حقيقة هذه القواعد

ويمكن الا ان نبرهن على ان كل خطين مستقيمين متوازيين يكونان متساويي البعد في جميع طواريهما

فترسم خطي ا ب و ث د المتوازيين (شكل ٦) وتنزل ا ث و م ن عمودين على هذين الخطين ونعين نقطة كنقطة ش في منتصف خط ا م وننزل ش ك عمودا على هذين الخطين المتوازيين ثم نثني الجزء الايسر من الشكل على جزئه الايمن بدوران الاول

حول خط ش ك كلو اب وتطابقه على الثاني فزاويتا ك ش ا و ك ش م من جهة و ش ك ث و ش ك ن من جهة اخرى تصير متساوية وخط ش ا ينطبق على خط ش م و ك ث على ك ن وحيث كانت زاويتا ش ا ث

و س م ن قائمتين ومتساويتين نقط ا ث ينطبق على م ن وتقع نقطة ث على نقطة ن فاذن يكون عمود ا ث مساويا لعمود م ن وحيث ث يكون خطا ا ث و م ن العموديان (شكل ٦) اللذان يقسمان في اوضاع مختلفة مسافة المتواربين مساويين لبعضهما واما القصر بعدين هذين الخطين المتوازيين

ويكون عمود ا ث و م ن الواقعان على خط ا ب المستقيم متوازيين فاذن يكون مستقيما ا م و ث ن العمودان عليهما مساويين لبعضهما

وبناء على ذلك اذا كان هذا المتوازيان كخطي ا ب و ث د مستقيمان

اخران كـ س م ن و ا ث المتوازيين العمودين على المتوازيين الاولين ج ز الخطيين الاولين المستقيمين المحصوران بين الخطيين الاخرين يكونان مساويين لبعضهما وكذلك ج ر الخطيين الاخرين المحصوران بين الاولين يكونان مساويين لبعضهما

اجراء العملية على سكك الحديد اى السكك ذات القضبان وهى سكك يصنعون عليها قضباناً مجوفة او محدبة كاملة الاستقامة والاتصاف يتحرك فيها او عليها ابقاية الدقة اربع عجلات من العربات اثنتان منها على القضيب الايمن واخريان على القضيب الايسر ومتى كان احد هذين القضيبين مستقيما لزم ان يكون الاخر بعيدا عنه بمسافة مساوية لبعدها عن الجملات الموضوعة على محور واحد وبذا يكون القضبان متوازيين حيث انهما مساويان البعد ومستقيمان ومتوازيان وفي النقل على هذه السكك قاطنة عظيمة ووفر جيد بالنسبة للنقل الحاصل على الطرق العادية

واذا فرضنا ان خط د ث يقرب من ا ب (شكل ٦) بشرط

ان يكون دائماً وداعلى **ا ث** فانه يكون دائماً مواز بالخط **اب** الذى يقرب منه شيئاً فشيئاً مع التساوى فى جميع اجرائه ولتحرك هذه الخطوط المتوارية والتساوى الذى تحفظه الخطوط المذكورة فى ابعادها فائدة عظيمة فى الميكانيكة

تطبيق الخطوط المتوازية على عجلات الآلة المستعملة لغزل القطن

اذ تصورنا عجلة متجهبة على حسب اتجاه **ث د** وامكن تقدمها وتأخرها (شكل ٦) عن **اب** مع التوازى بواسطة العجلات الصغيرة التى غر على قضبي **ا ث** و **م ن** المتوازيين فان خيوط القطن تمتد من خط **ام** الذى هو خارجة منه بمسافة متساوية اختلف على مغازل مصطفة على اتجاه **ث ن** المتساوى البعد وعند ما تقرب **عربة ث ن** من **ام** تنقص بالسوية مسافات نقط **ث ن** الموجودة على مستقيم **ام** وبناء على ذلك تلتف الخيوط بالتساوى على المغازل بدون ان تكون كلها مشدودة مع التساوى ومتى بعدت **العربة** من خط **ام** لتعود الى **ث ن** كانت الخيوط ممدودة بالتساوى كذلك ولذا يمكن بواسطة تساوى الخطوط المتوارية المحصورة بين متوازيات اخر الوصول الى انشاء الآلات الطريقة المعدة للغزل التى ليست قائدها مقصورة على غزل اربعين فتلة او خمسين او ستين او اكثر من ذلك بمجرد حركة **العربة** مرة واحدة بل تصنع زيادة على ذلك سائر الخيوط مع مساواة لا يمكن تحصيلها اذا غزات بدون هذه الطريقة وبدون الوسائط الهندسية

والى الان لم تقابل الخطوط المتوازية الا بالخطوط العمودية ولتقابلها لان الخطوط المائلة بان فرض (شكل ٧) رسم خط **اب** و **ث د** المائتين بالنسبة لخط **ه ا ث ف** فاذا كانت زاويتا

٥١٥ **أ ب و هـ ث د** (اللتان يقال لهما متقابلتان) متساويتان فان

مستقيمي **أ ب و هـ ث د** يكونان متوازيين

ويكون عكس ذلك صحيحا اعني اذا كان حذان الخطان متوازيين فان كل ماثل يقطعهما بشرط ان يصنع معهما اربع زوايا حادة متساوية واربع زوايا منفرجة متساوية ايضا

وفي الفنون التي يحتاج فيها الانسان الى رسم مستقيم مواز لآخر يستعمل غالبا خاصيتا المتوازيات

ويستعمل لذلك مسطرة مثلثة مثل **هـ هـ ث** (شكل ٨) من الخشب او الزجاج او المعدن وهي مسطرة الرسامين وسميت مثلثة لان **هـ هـ ث** و **هـ هـ ث** اللذين هما ضلعاها على شكل زاوية قائمة او مسطرة مثلثة

واذا فرضنا الا ان المطلوب هو رسم مستقيم من نقطة **أ** مواز لخط **ث د** (شكل ٨) فالتا ابتدئ اولاً بوضع المسطرة المذكورة وهي **هـ هـ ث**

بحيث يتبع احد اضلاعها هو **هـ هـ ث** اتجاه **ث د** ثم نضع مسطرة **هـ هـ ث** على ضلع **هـ هـ ث** من المسطرة المثلية ونسكي باليد او بنقال أخر مع الشدة على المسطرة المثلية لنثبت على المستوى ونحور باليد الاخرى المسطرة المثلية على امتداد المسطرة حتى يصير ضلع **هـ هـ ث** قريبا جدا من نقطة **أ** المفروضة بالنظر الى الآلة التي نستعمل لرسم مستقيم **أ ب** المطلوب ويصير هذا المستقيم المرسوم على امتداد **هـ هـ ث** موازيا بالضرورة لخط

ث د حيث ان الزاويتين الحادتين المتقابلتين المصنوعتين بالمسطرة وخطي **أ ب و هـ ث د** متساويتان

وبواسطة ضلع **هـ هـ ث** من المسطرة المثلية يمكن رسم خطوط عمودية على المسطرة وذلك اسهل من رسم الخطوط العمودية بواسطة الخطوط المائلة المتساوية الميل ولكن يلزم لذلك مساطر مثلية جيدة الضبط وان كانت فادرة

الوجود حتى انه لا يوجد في المدن التي تقدمت فيها القنون الاقليل من
الصنایعية الذين يصنعون مساطر مثلثية ومساطر جيدة الضبط يكتفي بها
مهرة الرسامين
وانشرح الآن تطبيق الخواص التي ذكرناها آتفا على تركيب الاجسام
وحركتها فنقول

اذا كان هناك (شكل ١٠) شكل لا تتغير صورته مثل ا ب ث د
وفرضنا تقدمه بحيث تكون جميع نقطه الموجودة على مستقيم ا م د ح
المح متحركة على مستقيم ا م د ح الخ فنقول ان كل نقطة كنقطة

ب او ث او د التي هي من شكل ا ب ث د ترسم
مستقيم ب - ا او ث - ا او د - ا الموازي لخط ا ا وحيث كانت
صورة الشكل المذكور لا تتغير مدة تحركه لزم ان كل نقطة من نقط

ب و ث و د تمكث دائما على بعد واحد من مستقيم ا ا فاذن
ترسم هذه النقطة خطا مستقيما موازيا لخط ا م د ح الخ

وكثيرا ما يستعمل في الصناعة هذه الخاصية المستحسنة المعروفة من الهندسة
(بيان تطبيق العملية على حركة الدروج في بيوتها)

قد تكون الدروج والتخت والدواليب والصناديق الا فرنجية متداخلة ومعاينة
في تحركها (شكل ٩) يبروز ترسم التحاماته القائمة خطوطا مستقيمة

متوازية كخطوط ا ا و ب - ا و د - ا و ث - ا وعند تقدم
الدرج او تاخره اذا كانت مهماته جيدة اعني اذا كان توازي جميع اجزائه
لمحوظا بالدفقة يكون محكما عند دخوله في بيته ولا يختل باى وجه كان
في جميع حركاته حيث ان الخطوط المتوازية التي انفصلت بين هذه
المتوازيات وصارت بذلك متساوية تدل على بعد النقط المتنوعة من هذا
الدرج في سائر اوضاعه المختلفة

(بيان تطبيق العملية على حركة المكاييس في الطلمبات)

هذا التطبيق يفيدنا كيف يكون المكاس الداخل مع الاتقان في جسم طلبية محيطها مركب من خطوط مستقيمة متوازية متحركة كافيها مع غاية الضبط بدون ان يعرض له عارض في حركته وذلك اذا كان جسم الطلبية والمكاس مصنوعين مع الضبط واما اذا كان المكاس يصعد ويهبط بالتوالي فان كل نقطة من دائرة تصير خطا مستقيما موازيا لمحور جسم الطلبية ولا بد ان تكون جميع هذه الخطوط المتوازية المرسومة موضوعة بالكلية في داخل جسم الطلبية لاسيما عند عمل الآلات البخارية التي اذا حدث فيها ادنى خلل وقل اختلاف في التوازي حصل لقواها الضعف والضياع

(بيان تطبيق العملية على لوحة القماش وحياته)

لاجل لوحة القماش غذا ولا على التوازي جملة من الخيوط ونجمها من طرف على حاشية ونلها من الطرف الآخر على عمود من الخشب او غيره ثم نشد الخيوط المذكورة حتى تهى الاجزاء المنفردة جملة خطوط مستقيمة متوازية وموضوعة على مستو واحد * ولكيلا يكون القماش المراد نسجه مرتخيا في بعض الاجزاء نستعمل آلة تسمى مشطا وهي مركبة من اسنان رفيعة مستقيمة ومتساوية البعد عن بعضها مع التوازي ومن جهازين موازيين لبعضهما وندخل في كل مسافة من المسافات التي بين اسنان المشط خيطا من السدى وهو الذي ينظم تباعد الخيوط عن بعضها فبمجموع الخطوط المستقيمة المتوازية اللذين احدهما يستعمل لتنظيم الاخر حين يكون المشط مصنوعا مع الضبط نصل الى صناعة اقشة كبيرة العرض والطول مع التساوي التام في جميع اجزائها

ومن المعلوم عند جميع الناس ان الهندين احسنوا صناعة الكشامير الشهيرة حتى بلغت في الحسن والدقة غاية السكال ومع ذلك لم يكن عندهم لاجل تحقيق توازي الخطوط وتساويها في البعد طرق تشبه في الضبط والتحقيق طرق الافرنج فلذا عسر عليهم صناعة ارضية الشيلان المقاربة لشيلاان الافرنج في القماش والمتحدة معها في النسج مع ان اهل اوربالم تشرع في هذه

الصناعة الامنذ عشرين سنة

ومن الضروري ان نوضح للتلامذة ان كمال الدرجة العليا المحصلة في فن من الفنون منوط بالطرق التي يستعملها الانسان ليقترب من الضبط كما تبينه الهندسة التصورية في توازي الخطوط المستقيمة التي هي كناية عن الخيوط الرفيعة جدا

وينتجز الانسان غالباً القرصة في تدوين هذه النتائج باى محمل تستلزم فيه تقدمات الصناعة ادخال قوة الادراك والتركيبات الهندسية في شغل الكرخانات وقد ذكر غير مرة ان هذا هو الذى يجبر ارباب الصنائع على معرفة الهندسة المطبقة على الفنون معرفة جيدة

ونستعمل خواص الخطوط المتوازية لتركيب اى شكل او جسم يكون مساوياً بالجسم معلوم اولشكل كذلك

فاذا فرضنا مثلاً ان المراد عمل شكل ا ر ث د (شكل ١١) مساوياً

على وجه الصفحة لشكل ا ب ث د المرسوم سابقاً فالتأثيرم خطوط

ب ر و ث و و د د مساوية لخط ا ا وموازية له ثم

نرسم خطوط ا ر و ر ث و ث و و د ا قصير هذه الخطوط

المذكورة مساوية بالضرورة لخطوط ا ب و ب ر و ب د و د ا

وموازية لها وبهذا السبب يصير الشكلان متساويين

(بيان تطبيق العملية على رسوم الابنية المدنية والبحرية)

اذلزم ان ننقش قطعة من الخشب او الحجر او الحديد تقنياً ينطبق بالدقة على

مخوف او محدب مهماً لادخال القطعة المخرقة فيه فستعمل خواص الخطوط

المتوازية التي استعملناها آنفاً فاذا فرضنا مثلاً ان اردنا ان نحور في الداخل

المدلول عليه بخط ا ب ث د ه ف (شكل ١٢) قطعة من

الخشب مثل س س بعد تغييرها وترقيقها بالكبكية فنقول انه يمكن

لذلك رسم خطوط ا ب ر و ث و و د د و ه ه و ف ف

المتساوية والمتوازية لبعضها ثم نرسم محيط ا ر ث و ه ف ونحور قطعة

س ص بحسب هذا المحيط

ونستعمل هذه الطريقة لاجل ان نصنع من الواح الخشب الخفيفة ارايك
الخطوط الاصلية التي نصنع بها سفينة على موجب رسم معلوم ويسمى
مهندسو السفن طريقة الخطوط المتوازية بالنقالة ويترب على صحتها الامانة
التامة التي بها تجري عملية الاشكال للمعلومة عند المهندسين على وجه
الصحة

واما استعمال هذه الطريقة الخاصة باجتماع القطع الكثيرة المجوفة او المحذبة
(شكل ١٣) التي ينبغي تعشيقها ببعضها فان صلاحية السفينة متوقفة على
احكامها وعلى المقاومة التي ترد تحرك اجزائها عند ما يحصل لهذه السفينة
مشاق من البحر وهذه الحركة هي احدى اسباب الاتلاف المضر جدا
كما ستقف عليه فيما بعد

بيان تطبيق الخطوط المتوازية على رسم الهندسة الوصفية اى قواعد
المساقط

قد ذكرنا بالاختصار طريقة رسم شكل يساوى شكلا اخر بواسطة الخطوط
المتوازية وهذه الطريقة استعملت ايضا لعمل ارايك عام لرسم صورة
الاجسام وهذا هو الغرض الاصلى من رسم الهندسة الوصفية
فننقل على مستوي يسمى مستوى المسقط كخانة اولوح او فرخ ورق منفرد
الجسم المراد رسمه وذلك بان نمد من كل نقطة من قط الجسم المطلوب رسمه
خطا مستقيما موازيا لاتجاه معلوم بمقتضى الاتفاق ولا يخفى ان كل نقطة من
نقط الجسم المرسوم تترك موضعها الاصلى وتوضع على سطح المسقط مع
اتباعها للاتجاه المتوازي المتفق عليه فاذن يكون وضع النقطة الجديدة على
مستوى المسقط هو نفس مسقط النقطة

فاذا اسقطنا سائر نقط خط مستقيم او منحرف فانه يتالف منها على مستوى
المسقط مستقيم ومنحن جديدان يصيران مسقطى الخط المستقيم او المنحرف
الاصلى

وهذه هي الطريقة المستعملة لاختذ صورة الاجسام في الابنية المدنية والعسكرية والبحرية وفي فن قطع الاخشاب والاحجار وفي الرسم المعمد لعمل الآلات وهلم جرا

ولا يكتفى مسقط واحد للاجسام المراد تصورها وانما ينبغي مسقطان او اكثر لتحديد صورتها وقدرها مع غاية الضبط ولذا يستعملون سطحى مسقط ليسهل اجراء عملياتها فترض احدهما راسيا والاخر اقبيا ويقل او يسقط على المستوى الراسي الجسم المراد رسمه بواسطة خطوط متوازية افقية ويقل او يسقط الجسم المذكور على المستوى الافقى بواسطة خطوط متوازية راسية

ومن ذلك يسمى المسقط الافقى مستوى الجسم والمسقط المنتصب ارتفاعه ويجب على التلامذة من الآن فصاعدا معرفة ضرورة رسم المساقط مع الضبط بواسطة المستويات والارتفاعات ومعرفة جميع الاجسام المطلوب رسمها وعليتها في سائر الفنون التى ينبغي ان يكون فيها للتأليف صورة جيدة الفحة اما على حسب الاراء انك او على حسب الابعاد والمساقط المعينة سابقا

ويتحصل للتلامذة عقب هذه الممارسة وسائط العمل في الاحوال التى تقدم لهم غير ان ذلك لا يكفيم وانما يلزم لهم معلم خصوصى يعلمهم رسم المساقط بطرقه ومعارفه

(بيان تطبيق طريقة المساقط على فن الميكانيكة)

ليست الخطوط المتوازية والعمودية مستعملة بواسطة المساقط لمجرد رسم صورة اى جسم مفروض عدم تحركه فى وقت معلوم قط بل تستعمل ايضا لتبيين الطريق التى يتبعها او يجب ان يتبعها كل من نقط ذلك الجسم عند تحركه باى حركة كانت وهذا التطبيق الجديد الناشئ عن الهندسة من اعظم الاشياء نفعا لفن الميكانيكة فيسوغ لنا ان نرسم بواسطة الخطوط ما ليس بتحقيق الصورة فى الفراغ ويسوغ لنا ايضا ان نعين على الدوام رسوم الاشياء

التي من شأنها الخلق في الوقت الذي يعقب ظهورها

فإذا فرضنا مثلثا اطلقنا رصاصة بندقة او كلة مدفع نحو هدف معلوم
فان مركز هذه الرصاصة او الكلة يقطع خطا غير مشاهد ومع ذلك فيمكننا
ان نرسم هذا الخط كما ينبغي على مستوحا ونستعمل هذا الرسم في احوال
كثيرة كما اذا اردنا ان نتحقق من تأثير ضرب طابية على استحكامات فعلى
حسب دخول هذا الخط المتجه على رأس الاستحكامات في الفراغ الذي يشغله
المحافظون او مروره باعلى هذا الفراغ من بعد لا يصل الى المحافظين يكون
للطابية فائدة او عدم فائدة بالنسبة للمحاصرين (يكسر الصاد) وتكون
خطرة او غير خطرة بالنسبة للمحاصرين (يقبحها) الذين خلف السور
(راجع الدرس الرابع عشر)

فاذن نرسم الخط المراد قطعه بمركز الرصاصة على سطحي المسقط الميزين
للاوضاع الاصلية وقوش الطابية والاستحكامات لنعرف ما يربح او ما يخشى
من نتائج هذه الطابية

ونرسم ايضا بواسطة الخطوط جلة النقط التي يقطعها مركز القمر حول
الارض ويقطعها ايضا حول الشمس مركز الارض وباقي النجوم السيارة
وذات الذنب وما اشبه ذلك فتكون معرفة الخطوط المقطوعة على هذا الوجه
بالكواكب السيارة منظومة في سلك الاستكشافات النفيسة التي كشفها
عقل الانسان ومكت احقايا من السنين حتى وصل اليها

والقصد من صناعة الآلات المستعملة لضرورة الناس واشغال الصناعة ان
بعض اجزائها يحصل عنه حركات مخصوصة ولا يكتفي رسم اجزاء كل آلة في وضع
مخصوص بل يلزم رسم حركات هذه الاجزاء وسيرها وقد يتحصل ذلك
باستعمال طريقة المساقط مع الخطوط المتوازية والعمودية وبواسطة هذا
الرسم نتف على حقيقة ما ينشأ من صور الاجزاء المتنوعة لهذه الآلات
عند تحركها

ويعلم من ذلك ان القضية المتعلقة بالمتوازيات والخطوط العمودية التي يظهر

انها هله وموجزة جدا لها تطبيقات مفيدة اما الرسم الاشياء وصناعتها بالنظر الى اشكالها ورسم اثاث البيوت والابنية والآلات والدلالة على الحالة الثابتة للاجسام واحوال تحركها المتنوعة فاذن ينبغي التعود بكثرة على طريقة الرسم التي تجري في الصناعة

ومن افق عمليات الخطوط المتوازية العملية التي استعملت لرسم الخطوط المنحنية بواسطة الخطوط المستقيمة المتوازية

فاذا فرضنا الى خط منحني كخط م ا ب ب د ن (شكل ١٤)

فاننا نقله الى خط مستقيم اصلي الى المحور م د بواسطة عدة خطوط

اخر مستقيمة متوازية كخطوط ا ا و ب و ث و د الخ
ثم نرمس عادة هذه الخطوط الاخيرة على ابعاد متساوية

(بيان اجراء العملية في رسم الخطوط المنحنية)

فائدة هذا الرسم الهندسي هو انه يسوغ لنا رسم صورة الخطوط المنحنية وعددها ولو كانت قليلة الانظام ان امكن التعبير بهذه الطريقة ومن ذلك المثال الشهير المقرر في عمارة السفن

(بيان المثال المذكور)

حاصله ان سرعة سير السفينة في حداثاتها تتعلق بالصورة المواقفة للقارينة اي الجزء الاسفل المنغمس في الماء فينبغي ان تكون هذه الصورة دائمة ومحكمة الصناعة على حسب الابعاد التي يحددها المهندس ولذا يستعملون القواعد الهندسية المضبوطة في رسم قارينة السفن وتركيبها المعول في ذلك على قاعدة المتوازيات والخطوط العمودية

والضلع الايمن من السفن التي تصنعها يسمى تريبورا اي الجهة اليمنى وهي مضاهية بالكلية للضلع الايسر المسمى بالبابور اي الجهة الشمالية ولاجل علمها عند خطا اقصيا كخط م ن (شكل ١٥) يصل مقدمها بمؤخرها وتقيم على هذا الخط المستقيم المتقسم الى اجزاء متساوية مثل م ا و ا ب

و ب ث الخ خطوطا عمودية ونضع على هذه الخطوط نقاطا تدل على خطوط الماء.

ونفرض ان السفينة تنغمس بالتدريج في البحر بدون ميل من الجهتين ونضع في كل درجة من الانغماس على سطحها الخارج خط يحيط الماء وهو المسمى بخطوط الماء والذي يدلنا من مبدئه الامر على اتصال هذه الخطوط هو صحة اشكال السفينة وتكون هذه المنحنيات محددة كما ذكرناه آنفا بواسطة انصاف الاعراض الموضوعة على عيني المحور وعلى يساره وعلى المتوازيات واذا كانت انصاف الاعراض المذكورة مدلولها عليا باعداد بالنظر الى كل خط مائي وكل متوازي فانه يمكن دائما رسم القارينة اى الجزء الاسفل من السفينة وبناء على ذلك يمكن عمل السفينة المذكورة

(مثال ناشئ من رسم الطرق والخلجان)

مثلا اذا كان خط م ن الماء خوذ محورا (شكل ١٦) هو خط تسوية مياه الخليج او خط آخر مواز لهذه التسوية فالتأخذ خطوطا عمودية مثل ا ا و ب ب و ث ث من ابتداء هذا الخط الى الارض التي صورتها منتهية بالخط المنحني المار بنقط ا و ب و ث و د وهناك آلة يقال لها آلة التسوية تستعمل لتحديد ارتفاعات م م و ا ا و ب ب

و ث ث وسيأتى لك بيانها عند الكلام على آلات الماء ثم نصنع ما يسمى بالرسوم الجانبيه القاطعة بان نمد من كل نقطة من نقط

ا و ب و ث و د الخ خطوطا افقية عمودية على م ن ونعتبر كل واحد من هذه الخطوط محورا جديدا ثم ننزل من هذا المحور بخطوط عمودية على الارض ونقيس طولها ثم نصنع لكل محور جديد شكلا بواسطة خطوط الارض العمودية والمنحني المقابل لهذه الخطوط

وقد تكون هذه العمليات لازمة لزوما ضروريا في معرفة كمية الارض التي ينبغي حفرها في الاماكن المرتفعة لنقلها الى الاماكن المنخفضة وتغيير صورة

الارض الاصلية الى الصورة الملايعة للطريق او الخليج الذى يراد رسمه وبالجملة
فان هذه الارتفاعات ينشاء عنها مع السرعة والسهولة طريقة عمل الحسابات
الضرورية في تقويم كميات الارض التى يراد رفعها وازالتها وهو ما يسمى
حفر او نقلها وهو ما يسمى ردما

واذا اردنا تحديد عق بجمرة او نهر او مينا او مرسى مع غاية الضبط فالتقسيم
السطح الى جملتين من الخطوط الاقضية المتوازية المتساوية البعد بشرط
ان تكون خطوط احدهما عمودية على خطوط الاخرى فاذا تقررت ذلك نزلنا
من كل قطعة تكون فيها الخطوط المتوازية الممتدة الى جهة واحدة مقطوعة
بخطوط متوازية ممتدة الى جهة اخرى بعمود يصل الى الارض واذا امررنا
بخطوط منحنية من طرف الخطوط العمودية الممتدة من افق واحد فالتسا
نصنع الشكل الجانبى لقاع البحيرة او النهر او المينا او المرسى وبهذه الطريقة
يتحصل لطول هذه الاشياء او عرضها سواء الرسوم الجانبية اللازمة في تحديد
صورة هذا القاع

وعوضا عن اتباع الطريقة المذكورة الدالة على صورة الارض المغمورة بالماء
او غير المغمورة نستعمل غالبا خطوطا منحنية بشرط ان تكون الارتفاعات
المنتصبة متساوية بالنظر لكل من هذه الخطوط المنحنية وحينئذ نصنع جملة
من الخطوط المنحنية الاقضية ونفرض عادة ان الخطوط المنحنية المتتالية تكون
متساوية البعد عند قياسه اى البعد المذكور مع الانتصاب وبناء على ذلك
يستدل على القطوع الاقضية الموجودة على المسقط المنتصب اعنى على
الارتفاعات بتوازيات متساوية البعد وهذا هو الذى يترتب عليه عدة عمليات
ولهذه الطريقة فائدة عظيمة وهو انما تظهر بمجرد النظر على مستو كخرخ
من الورق الصورة التامة للارض في جميع اجزائها المتنوعة

وايس نفع تعيين الصورة المذكورة مقصورا على رسم الجهات المائية اى
وصف الاماكن المغمورة بالماء او المروية بها بل ينفع ايضا في التبرغرافية
اى ما يخص البلدان لاجل اخذ صورة الوديان والجبال وغيرها مع الضبط

والتفصيل وينفع ايضا المهندس الجهادى كما ينفع مهندس القناطر
والجسور في رسم الطرق السلطانية واجراء عملية الاستحكامات
واذا اريد تشييد قنطرة قنائية او اعتيادية فان ابغال هذه القنطرة ترتفع الى
ارتفاع خط التسوية الذى هو م ن (شكل ١٧) ويقسم هذا
الخط من حيث هو الى اجزاء متساوية مثل م ا و ا ب و ب ث
وعلى كل نقطة من قط التقسيم تنزل اعمدة ا ا و ب ب و ث ث
و د د الى الارض فتكون هذه الخطوط دالة على الارتفاع الذى ينبغى ان
تأخذه ابغال القناطر الاعتيادية والقنائية

ولم تتوسع زيادة عما يلزم في هذه التطبيقات العديدة التى يمكن علمها فى شأن
رسم صور الامتداد بواسطة المتوازيات وسرى فائدة هذه الطريقة وسهولتها
وايجازها وسرعتها فينبغى حيثئذ كثرة الترن عليها وان يرسم مع المنقطة عدة
اجسام تتعلق بالمحاور والمتوازيات بشرط ان يتشعر جنس هذا الرسم
بالتدرج فى جميع الكرخانات

ويمكن ان مر اجعة كتب الرسم والهندسة المختصة بالمستويات والسطوح
المخنية وكتب الهندسة الوصفية لا تخلو عن فائدة

(الدرس الثالث)

(فى بيان الدائرة)

الدائرة هى سطح مستو تكون جميع نقط دائره المسمى بالمحيط على بعد واحد
من نقطة الوسط المنفردة المسماة مركزا

وجميع الخطوط المستقيمة الواصلة من ذلك المركز الى المحيط تكون متساوية
عندما تسح الابعاد المتساوية ويطلق على هذه الخطوط المستقيمة اسم انصاف
الاقطار فاذا ن تكون جميع انصاف اقطار الدائرة متساوية

ومتى كان نصف القطر متقابلين احدهما على يمين المركز والاخر على يساره فان
الخط المستقيم للنفر المتألف منهما يسمى قطر الدائرة

وحيث كانت θ هي مركز دائرة $\alpha\beta\delta\epsilon$ (شكل ١) كانت جميع
انصاف اقطار $\theta\alpha$ و $\theta\beta$ و $\theta\gamma$ و $\theta\delta$ متساوية
واذا انالقم من نصفي قطر $\theta\alpha$ و $\theta\delta$ خط مستقيم كخط $\alpha\delta$
فمذا الخط هو قطر الدائرة

وكل قطر مثل $\alpha\delta$ (شكل ١) يقسم الدائرة الى قسمين متساويين
ويكفي في اثبات ذلك اثني جزء $\alpha\beta$ على جزء $\alpha\delta$ بتدوير $\alpha\beta$
حول قطر $\alpha\delta$ كلولب فاذا وقعت نقطة من محيط $\alpha\beta$ في داخل
محيط $\alpha\delta$ كانت قريبة من المركز واذا وقعت في خارجه كانت
بعيدة عنه وهذا غير ممكن حيث ان جميع نقاط محيط $\alpha\beta$
على بعد واحد من المركز فاذن ينطبق محيط $\alpha\beta$ بالكلية على
 $\alpha\delta$ ويكون جزا الدائرة المنفصلان عن بعضهما بقطر $\alpha\delta$
متساويين

ويطلق اسم الوتر على كل خط مستقيم كخط $\alpha\gamma$ (شكل ٢) متبته
من كائنا جهتيه بمحيط الدائرة ويطلق قوس الدائرة على كل جزء من المحيط بجزء
 $\alpha\gamma$ ويطلق اسم السهم على جزء $\alpha\gamma$ من نصف قطر $\theta\gamma$ ع
العمودى على الوتر وهو منحصر بين الوتر والقوس

وهذه الاسماء منقولة من اسماء الخشب الذى كان يستعمله القداما حيث
يشدونونه وتر على هيئة جزء من المحيط تقريبا (شكل ٣) ويطلقون عليه
اسم القوس وهو معد لرى السهام الموضوعة على منتصف الوتر في اتجائه
عمودى عليه ومن ذلك يعلم ان التطبيق واسطة في انساع دائرة العالم
وفي نقله لها اسماء صارت فيها من قبيل الحقائق العرفية

وكل نصف قطر مثل $\theta\gamma$ ع (شكل ٢) العمودى على وتر $\alpha\gamma$
يقسم القوس والوتر الى قسمين متساويين

ولا ثبات ذلك عند نصفي قطر $\theta\alpha$ و $\theta\delta$ الذين هما خطان

مائلان متساويان بالنسبة الى عمود ش فينتج اولا $\text{م} \text{ ح} = \text{د}$ ع
وكذلك يكون وزا $\text{م} \text{ خ} \text{ و} \text{ د} \text{ ح}$ مائلين متساويين واذا ثانيا $\text{ش} \text{ خ} \text{ د}$
على $\text{ش} \text{ م} \text{ خ}$ فان نقطة د تقع على نقطة م وقوس د ضمه خ
على قوس $\text{م} \text{ د} \text{ خ}$ بحيث لا يمكن ان تقع نقطة ما من تقاطع القوس الاول
داخل الثاني او خارجه من غير ان تكون قريبة او بعيدة من مركز ش *
ثانيا ان قوسى $\text{م} \text{ ر} \text{ ح} \text{ و} \text{ د}$ ضمه خ يكونان متساويين
(اجراء العملية في رسم الخطوط)

يتألف من الخاصية التي ذكرناها آنفا عمليات نافعة جدا في فن الرسم وفي اغلب
القنون التي ينبغي ان نجعل لها اقدسة جيدة الضبط
فتستعمل اولا لقسمه قوس الدائرة الذي هو $\text{م} \text{ خ} \text{ د}$ (شكل ٤) الى
قسمين متساويين ولذلك نأخذ بيكارا ونقحمه على قدر الكفاية (اعني اكثر
من نصف $\text{م} \text{ د}$) ثم نضع على م احد طرفي البيكار ونرسم بالطرف
الآخر قوس الدائرة وهو $\text{ر} \text{ ضمه} \text{ ط}$ ثم نأخذ الطرف الثاني من البيكار
ونضعه على د ونرسم بالطرف الآخر منه قوسا ثانيا كقوس $\text{و} \text{ ضمه} \text{ ع}$
بشرط ان نهتم في عدم فتح البيكار وغلقه وقت اجراء العملية وتكون نقطة
 ضمه التي يجتمع فيها القوسان على بعد واحد من نقطتي $\text{م} \text{ و} \text{ د}$ فاذن
نصير موضوعة على العمود الواقع على $\text{م} \text{ د}$ المار بمختصف هذا المستقيم
وبمركز الدائرة وهذا الخط المستقيم هو الذي يقسم وتر $\text{م} \text{ د}$ وقوس
 $\text{م} \text{ خ} \text{ د}$ الى قسمين متساويين

فاذا لم يعلم وضع المركز يكنى ان نرسم من جهته قوسى $\text{ا} - \text{ب}$ و $\text{د} - \text{ه}$
بقلم واحدة من البيكار فيكون مركز الاول م والثاني د ونصير
نقطة ر كنقطة ضمه على العمود الذي يقسم وتر $\text{م} \text{ د}$ وقوسه
الذي هو $\text{م} \text{ خ} \text{ د}$ الى قسمين متساويين

واذا علمنا ثلاث نقط من محيط الدائرة كنقط $\text{م} \text{ و} \text{ د} \text{ و} \text{ و}$ (شكل ٥)
امكن ان نحدد وضع المركز ومقدار نصف القطر ونرسم نفس المحيط

ويكفي لذلك ان تنزل على حسب الطريقة التي ذكرناها اولا من منتصف
 م ٥ خط غ ا عمودا على م ٥ وثانيا من منتصف ه ٥ و خط
 و ر عمودا على ه ٥ ونجد من نقطة ث التي يتلاقى فيها عمودا
 ش غ و ث ر معا خطوط م و ث ٥ و ث و ث و المائلة
 فتصير متساوية فاذن تكون خطوط م و ث ٥ و ث و ث ثلاثة
 انصاف اقطار للدائرة المطلوبة التي تكون نقطة ث مركزها

ومتى كان ا ب و د ه و ف غ التي هي اوتار الدائرة
 (شكل ٦) متوازية فان اقواس ا د و ب ه و د ف و ه غ
 الخ التي في هذه الاوتار تكون متساوية

ولا ثبات ذلك نجد من مركز ث نصف قطر ث م ٥ ح عمودا
 على سائر الاوتار فيقطع كل واحد منها الى جزئين متساويين وزيادة على ذلك
 اذا قابلناه بطول الاقواس المطابقة لهذه الاوتار ترتب على ذلك ان قوس
 ح ا يساوي قوس ح ب وقوس ح د يساوي ح ه و ح ف
 يساوي ح غ

وبترتب على ذلك ان قوس ا د يساوي ب ه و د ف يساوي
 ه غ

وقد يكون مستقيم س ح ص (شكل ٦) العمودى على نصف
 قطر ث ح من الدائرة والممتد من نهاية نصف القطر المذكور واقعا
 تمامه خارج الدائرة ولا يتقدمها الا في نقطة واحدة كنقطة ح فاذن
 يكون هذا المستقيم مماسا للدائرة ولا يمكن ان يمر مستقيم آخر من نقطة ح
 بين الدائرة ومماسها الذي هو س ح ص

وبما انه ان يقال حيث كان نصف القطر عمودا على مستقيم س ح ص فان
 نقطة ح التي هي موقع هذا العمود تكون اقرب لمركز ث الموضوع
 على هذا العمود مما عداها من النقط الاخرى كنقطة س او ص لان

البعد الحاصل بين نقطة S او V ونقطة T مقبوس بالمائل الذي يكون بالضرورة اطول من عمود T H فاذن تكون سائر نقط مستقيم S H V موضوعة خارج الدائرة ما عدا نقطة H وللقنون في هذه الخواص الموجودة في الدائرة منفعة عظيمة بالنسبة للمستقيمات المماسية لها

ويمكن في مبداء الامر ادارة الدائرة حول مركزها الذي هو T المفروض انه ثابت وفي هذه الحركة يكون تماس S V ثابتا ويترتب على ذلك امر ان احدهما ان الدائرة لا تتجاوز S V ثانيهما انها تماس دائما S V في نقطة H البعيدة عن مركز T بمسافة مساوية لنصف قطر T H وبناء على ذلك اذا تماس مستقيم ثابت الدائرة في نقطة وكان مركز تلك الدائرة ثابتا على محور فيمكن ادارة هذه الدائرة بدون ان يلحق الانسان مشقة في بعده عن هذا الخط المستقيم او في دفعه عنه
(اجراء العملية في خرط جسم متحركة بواسطة آلة ثابتة)

يستعمل الخراط هذه الخاصية لقطع سطح مستوع على حسب محيط مستدير بان يدير المستوى حول نقطة ثابتة كنقطة T المجعلولة مركز الدائرة ثم يوجه آلة حادة على اتجاه تماس S V فتؤثر هذه الآلة القاطعة في نقطة H وتكون جميع اجزاء المستوى المفصولة عن بعضها بالآلة بعيدة عن نقطة T بمسافة اكبر من T H وعلى ذلك تكون جميع نقط المحيط المفصولة ايضا على هذا الوجه على بعد T H من المركز فاذن يكون هذا المحيط محيطا للدائرة

(اجراء العملية في عمل الاجار المعدة لسن الآلات وتسطيح السطوح)
نستعمل الخاصية المتقدمة في عمل الاجار الصالحة لسن الآلات وتسطيح الاجزاء المستقيمة من سطح حادث من نتائج الصناعة بان يعمل الجسم المراد سنه او تسطيحه باليد او غيرها ويتكابه على حجر مستدير الشكل فان كان مركز هذا الحجر ثابتا ومحيطه محكم الضبط عند ادارته كان سطحه تماسا دائما

للأجسام المراد منها أو تسطيحها

ولا توجد هذه الخاصية في شكل غير شكل الدائرة لانه عند ادارة هذا الشكل
تحدث اوقات يبعد فيها الشكل المذكور عن الاجسام الثابتة واوقات اخرى
يدفعها عن نفسه

وعوضا عن كوننا قرض ان الدائرة متحركة ومماس س ص ثابت
قرض عكس ذلك اعني ثبات الدائرة ونحرك مستقيم س ص مع جعل
هذا الخط المستقيم بعيدا عن مركز ث بمقدار يساوي نصف القطر
فلان ال مماس المحيط الدائرة

(اجراء العملية في خط الاجسام الثابتة)

تستعمل هذه الطريقة لقطع الاجسام الثابتة مع الاستدارة وفي هذا الحالة
تكون الآلة هي التي تدور حول المركز ويستدل على الجهة التي من الآلة
بمماس س ص وعلى نفس القاطع بنقطة ح
ونؤلف بطريقة مختلفة بين حركة الدائرة ومماساتها

(اجراء العمل في التدوير)

اذا فرضنا ان مماس س ص لا يزال ثابتا وادركنا الدائرة فوقه بحيث
يكون كل جزء صغير من المحيط موضوعا على جزء آخر من المماس على التوالي
من غير ان يتقدم او يتأخر الى جهة الامام او الخلف فانه يتحصل عندنا الحركة
التي يطلق عليها اسم التدوير وذلك من اعظم المهمات في القنون

وفي هذه الحركة لا يزال مستقيم س ص مماسا للدائرة حيث انه يمس دائما
محيطها في نقطة واحدة فاذا نبقى مركز الدائرة بعيدا عن مستقيم س ص
بمسافة مساوية لنصف قطر ث ح وفي التدوير الكامل على خط
 س ص المستقيم يكون مركز الدائرة متحركا على مستقيم آخر مواز
لاستقامة س ص واذا كان هذا الخط المستقيم اقويا كان مركز الدائرة
تابع الخط افقي ايضا

فاذا دار كل خط منح بهذه الكيفية على الخط المستقيم الافقي فان النقطة

المركزية او غير المركزية تصعد نارة وتهبط اخرى فاذن لا يكون للنقل الحاصل في هذا الخط الذي هو عجلة غير مستديرة انتظام ولا اطافاة وهذا هو الحامل لنا على ان نجعل شكل الدائرة لسائر عجلات العربات المعدة لنقل ارباب السياحة او الاشياء

(اجراء العملية في الحركات المتوازية)

يحصل لنا من خاصية الدائرة التي نحن بصدد هاطريقة وجيزة سهلة التحريك نقطة بالتوازي على مستقيم معلوم ويكنى الصاق هذه النقطة بمركز الدائرة التي تدور حول مماسها الثابت

واذا مددنا خط $س هـ$ (شكل ٦) وجعلناه موازيا لخط $س ص$ بمسافة مساوية لنصف قطر $ح$ او قطر الدائرة الذي هو $ح ث$ غ فان $س هـ$ يمر حينئذ بنقطة $غ$ التي هي نهاية قطر $ح غ$ ويكون مماسا للدائرة كخط $س ص$ واذا ادركنا حينئذ الدائرة على $س ح ص$ فانها لا تنقطع عن تماس $س هـ$ حيث ان مسافة المتوازيين واحدة

(اجراء العملية في تركيب الآلات)

متى اردنا ان نحرك بالتوازي مسطرة او برواز مستقيما مع غاية الضبط على مستقيم معلوم فالتأخذ حلقة او حلقات متساوية القطر ذات شكل مستدير مضبوط ونضعها بين المستقيم المجهول قاعدة والمسطرة او البرواز المراد تحركه فاذن لا يبقى علينا الا ان نجذب وندفع مع مماسة الحلقات المسطرة او البرواز على حسب لوازم الآلات التي تكون المسطرة او البرواز جراً منها

ولنبه على كثرة الطرق المتنوعة التي اخذت من علم الهندسة لتستعمل في الفنون من اجل رسم الدائرة او عملها بواسطة الخطوط المستقيمة وعكسه اي رسم الخطوط المستقيمة او عملها بواسطة الدوائر ومن اجل تحصيل الحركات المستقيمة بواسطة الحركات المستديرة والحركات المستديرة بواسطة الحركات المستقيمة والتعويل على المدرسين في اظهار سر هذه التطبيقات للتلاميذ

وبعد مقابلة الدوائر بالخطوط المستقيمة ينبغي مقابلتها ببعضها
وذلك بان نفرض ان دائرتي **أ** و **ب** (شكل ٧) موضوعتان على
وجه بحيث يكون بعد مركزيهما وهو **أ ب** يساوي **أ و** + **ب و**
الذين هما نصف قطرهما ومن البديهي ان نقطة **و** تكون على المحيطين
معاً وزيادة على ذلك لا يمكن لنقطة اخرى كنقطة **ح** ان تكون على هذين
المحيطين معاً

وبناء على ذلك تكون الدائرتان مماسيتين لبعضهما

(اجراء العملية في نقل حركة مستديرة من محور الى آخر)

يمكن ادارة الدائرة الاولى (شكل ٧) بدون ان تنقطع عن مماسة الدائرة
الثانية المفروض ثباتها او تحركها والمفروض ايضا دورانها في جهة واحدة
كالاولى او في جهة مضادة لها بدون ان تنقطع الدائرتان في هذه الحركة عن
مماسة بعضهما وبدون ان تدخل احدهما في الثانية

ويستعمل غالباً في الفنون هذه الخاصية الهندسية لتحريك دائرة بواسطة
دائرة اخرى اما بالنظر لجرد محاكاة المحيطات او بالنظر لامتلائها بالاسنان
المتساوية في الغلط الموضوع على بعد واحد وحيث ينبغي ان يلاحظ انه
اذا كانت احدى الدائرتين تدور من اليسار الى اليمين والاخرى من اليمين الى
اليسار فانهما يتحركان بالخلاف وقد يستدل على اختلاف الحركات بالاسهم
كافي (شكل ٧)

فاذا كان هناك ثلاث دوائر مماسة لبعضها مثل **أ** و **ب** و **ث**
(شكل ٧) بحيث تكون الاولى مديرة للثانية والثانية للثالثة وكان
دوران الثانية مخالفاً للاولى ودوران الثالثة مخالفاً للثانية فان الثالثة والاولى
يدوران في جهة واحدة واذن يلزم ان يكون هناك ثلاث دوائر مماسة لبعضها
ليتولد عنها في جهة واحدة حركة مستديرة من مركز الى آخر

(بيان السيور المحيطة بالدوائر)

اذا اردنا نقل حركة مستديرة الى مسافة كبيرة فانا عوضاً عن ان نستعمل

دوائر كبيرة او مضاعف عددها تأخذ منها دائرتين ونجعل السير محيطاً بهما
وهذا ما يمكن عمله وفيه حالتان الاولى أن يكون بدون تقاطع السيور كما في
(شكل ٨) والثانية ان يكون مع تقاطعها كما في (شكل ٩) وتكون هذه السيور
ممتدة بحيث يكون جزء \overline{AM} و \overline{CH} غير المماسين للدائرتين على
مستقيم واحد ويمكن ادارة كل من هاتين الدائرتين بدون ان يتغير طول جزئى
 \overline{AM} و \overline{CH} المستديرين واتجاههما وكذلك طول جزئى
 \overline{AM} و \overline{CH} المستقيمين واتجاههما فعلى هذا اذا كان في مبدء الامر
الصوق السير على المحيطات متبنا جدا بحيث يقبع السير عند ادارة الدائرة حركة
واحدة وينقلها الى الدائرة الاخرى وتنقل هذه الحركة من غير مشقة بطريقة
واحدة عند ادارة الدائرة الاولى

فاذا امتد السير بكثرة الاستعمال او بتغير حرارة الجو او رطوبته لزم استعمال
دائرة ثالثة كدائرة \overline{D} (شكل ١٠) التى اذا ثبت جزء \overline{CH}
القائم تجاهه بعد ذلك في وضع \overline{CH} و \overline{RH} بحيث يصير موترامع ماله من
الامتداد اولاً لجل ذلك يكفى ان يكون تفاضل الطول بين مستقيم \overline{CH} وجزء
 \overline{CH} المنكسر مساوياً بطول السير وكثيراً ما تستعمل هذه الطريقة في تركيب
الآلات

وهناك اختلاف ينبغى الالتفات اليه في نوعى السيور المتقاطعة او غير المتقاطعة
عند الانتقال من دائرة الى اخرى وهوان الدائرتين يدوران بواسطة السيور
المتقاطعة (شكل ٩) في جهات متضادة مع انهما يدوران بواسطة السيور
غير المتقاطعة (شكل ٨ و ١٠) في جهة واحدة
وسياً فى آخر هذه الدروس كثير من العمليات المقررة في شأن حركة الخطوط
المستقيمة والدوائر المتلاصقة لاستكمال لوازم الفنون
(بيان حركة دائرة في اخرى)

اذا قطعنا دائرة في سطح مستو فانه يحصل لنا بالنظر للجزء المقطوع محيط
محدب وبالنظر لما بقى من المستوى محيط مجوف فاذا ادركنا الدائرة المقطوعة

حول مركزها كانت سائر نقاط محيطها الملازمة لبعدها واحد من المركز بمماسية دائماً لنقطة من المحيط المجوف المقطوع في المستوى فاذن يكون المحيط المحدث عند دورانه تماساً دائماً للمحيط المجوف في جميع نقطه

ولا توجد هذه الخاصية الا في شكل الدائرة دون غيره وبالجملة فيوجد في كل شكل يمكن ادارته حول نقطة ما اجزاء من محيط الشكل البعيد كثير الا قليلا من هذه النقطة وهذه الاجزاء التي تكون تارة خارجة من المحيط المجوف المقطوع على المستوى وتارة لاتصل اليه تتلويحاً ويتمافران

وكما اقتضى الحال ان نسد مسافة مستوي سداً جيداً وكان جزء من هذا المستوى دائراً على نفسه ينبغي ان نجعل هذا الجزء على شكل الدائرة وهذا هو السبب في جعل سدادات الحفريات والقوارير والقماقم على شكل مستدير
(اجراء العملية في اللعب البخارية)

نستعمل الخاصية الموجودة في الدائرة استعمالاً جيداً في تركيب الآلات البخارية وهي انما تدور على نفسها بدون ان تنقطع نقطة من نقط دائرها عن من المحيط المجوف المستعمل عليها ومنشرح لك هذا الاستعمال عند ذكر اللعب البخارية المستديرة

(تقسيم الدائرة وتطبيقها على قياس الزوايا)

ينبغي لنا معرفة قاعدة ضرورية قبل توضيح هذه القصة

وهي انه اذا كان قوسا الدائرة اللذان هما أ م ب و د ن ه (شكل ١١) متساويين فان وترى هذين القوسين وهما أ ب و د ه يكونان متساويين وكذلك اذا كان وتر أ ب و د ه (شكل ١١) متساويين ووضعنا الوتر الثاني على الاول فان قوسى أ م ب و د ن ه ينطبقان على بعضهما ويصيران متساويين فاذن اذا رسمنا في دائرة ما عدة اوتار متساوية مثل أ ب و ب ث و ث د و د ه (شكل ١٢) فان الاقواس المطابقة لماتم تكون متساوية ايضاً وبنا على ذلك تقسم محيط الدائرة الى اجزاء متساوية بقدر ما يمكن رسمه من الاوتار

* (بيان الطريق السهلة التي يمكن استعمالها في تقسيم الدائرة وهي) *

اولا لاجل تقسيم الدائرة الى قسمين متساويين يكفي ان نعلم من المركز قطر

أ ب (شكل ١٤)

ثانيا لاجل قسمها الى ثلاثة اجزاء متساوية ينبغي ان نقسمها الى ستة

اجزاء ونعتبر كل جزئين منها قطعة جزء واحد (شكل ١٥)

ثالثا لاجل قسمها الى اربعة اجزاء متساوية يلزم ان نعلم قطرا ثانيا ك قطر

٥ د (شكل ١٤) ٤ ود اعلى قطر أ ب الاول

رابعا لاجل قسمها الى خمسة اجزاء متساوية (شكل ١٤) نبتدئ

بقسمة المحيط الى عشرة اجزاء متساوية ثم نعتبر كل جزئين منها قطعة جزء واحد

كافي الطريقة الثانية

خامسا لاجل قسمها الى ستة اجزاء متساوية (شكل ١٥) يلزم ان

نجعل نصف قطر الدائرة وتر لكل جزء

وانخط العمود الممتد من منتصف كل وتر القاسم للقوس المحصورة الى

مركز متساويين ينشأ عنه طريقة تقسيم محيط الدائرة الى ثمانية اجزاء

متساوية (شكل ١٣) وذلك اذا اعتبرنا القسمة رباعية متساوية

الاجزاء وينشأ عنه ايضا تقسيم المحيط المذكور الى اثني عشر جزءا

(شكل ١٥) اذا اعتبرنا القسمة سداسية متساوية الاجزاء

والجزء الخامس عشر من المحيط يساوي السدس ناقص العشر

وحيث كان من شأن هذه العمليات البسيطة انها فوحد دائما في رسم الآلات

ومحصولات الصناعة وجب على ارباب الحرف التمرن عليها

وبعد ذكر القواعد الصعبة الناشئة عن علم الهندسة ينبغي لنا ان نذكر قاعدة

قريبة من تلك القواعد يمكن استعمالها في كثير من الصور

وحاصلها انه حيث كان نصف قطر الدائرة مساويا ١٠٠٠٠ كان طول

كل وتر حاصر لجزء من المحيط مساويا للاعداد الموجودة في هذا الجدول بقطع

النظر عن كسور الاحاد

وتر نصف المحيط

٢٠٠٠٠

وتر ثلثه

١٧٢٣٤

وتر رבעه

١٤١٤٥

وتر خسه

١١٧٤٦

وتر سدسه

١٠٠٠٠

وتر سبعة

٨٦٧٢

وتر ثمنه

٧٦٥٤

وتر تسعة

٦٨٤٠

وتر عشرة

٦١٨٠

وتر الجزء الحادى عشر

٥٥٢٤

وتر الجزء الثانى عشر

٥٥٧٦

وهذا الجدول الصغير يسهل علينا ايجاد اقتراج البيكار اللازم لقسمة الدائرة الى عدة اجزا متساوية بقدر ما يراد من ابتداء النصف الى الجزء الثانى عشر

ثم يحصل لنا فوراً بواسطة الطريقة التى ذكرناها آتفا لاختلاف نصف القوس

اقتراج البيكار الذى يطابق

١٤ و ١٦ و ١٨ و ٢٠ و ٢٢ و ٢٤ و ٢٨ الخ اضعف

٧ و ٨ و ٩ و ١٠ و ١١ و ١٢ و ١٤ الخ

وبعد ان ينال الطريقة السهلة لقسمة القوس الى جزئين متساويين بمجئنا مدة

طويلة عن قاعدة هندسية متينة تقسم بها هذا القوس الى ثلاثة اجزاء

متساوية فلم نعتز بها

(بيان استعمال اقواس الدائرة فى قياس الزوايا)

حيث كانت الزوايا قابلة للزيادة والتقصان امكن جعل احداها وحدة القياس

والاستدلال على سائر الزوايا الاخرى باقام دالة على عدد المرات التى تحتوى عليها

هذه الزاوية واقسامها (راجع الدرس الاول)

وعوضا عن جعل زاوية أ ب ث (شكل ١٦) وحدة المقياس
استحسن اخذ قوس أ ب الواقع بين ضلعي الزاوية والمرسوم من نقطة
ث المركزية

ومما يسهل علينا مشاهدته اننا اذا رسمنا عدة انصاف اقطار مثل ث أ
و ث ب و ث د و ث ه على ابعاد بحيث تكون فيها زوايا
 أ ب ث و ب ث د و د ث ه متساوية امكن وضع هذه
الزوايا على بعضها فاذن تكون اقواس أ ب و ث د و د ه
المنطوقة انطباقا كليا على بعضها متساوية

فاذا اخذنا اثنين او ثلاثة او اربعة من الزوايا المتساوية للاحد لتوالت منها
زاوية واحدة فانه يلزم ان نأخذ ايضا مرتين او ثلاثا او اربعا القوس المطابق
لاجل تحصيل القوس المظروف في الزاوية الجديدة وبناء على ذلك يكون هذا
العدد الاعلى عددمرات احتواء هذه الزاوية الجديدة على وحدة مقياس
الزوايا وبذلك ايضا على عددمرات احتواء القوس المطابق لهذه الزاوية الجديدة
على وحدة مقياس الاقواس

ويمكن بدون تغيير هذه الاعداد ان نأخذ قياس الزوايا والاقواس على حسب
ما يراد وقد استحسن في ذلك استعمال الاقواس وهالكيفية العملية

وهي ان تقسم الدائرة الى اربعة اجزاء متساوية فينشأ عنها اربعة ارباع من
المحيط نستعمل قياس الزوايا الاربع القائمة التي تشمل على سائر المسافات
الموجودة حول نقطة ث المركزية

ثم تقسم كل ربع الى تسعين جزءا متساوية تسمى بالدرجات

فاذن يكون محيط الدائرة محتويا على ٩٠ اربع مرات او على ٣٦٠
درجة ويظهر ان هذه القسمة غير مستحسنة بالنظر للطريقة الاولى بل لاعلاقة
بينها وبين القسمة على ١٠٠ او ١٠٠٠٠ الخ ومع ذلك فيرتب عليها

الدرجة الواحدة تساوى	١١١	١١١	مرا
الدقيقة الواحدة تساوى	١٨٥٢		مرا
الثانية الواحدة تساوى	٣٠٨		امتار
الثالثة الواحدة تساوى	$\frac{1}{4}$		متر وبعض شئ
واما على المذهب الجديد فتكون الدرجة حراً من مائة من ربع المحيط والدقيقة حراً من مائة من الدرجة والثانية حراً من مائة من الدقيقة ودهم جرا وعلى ذلك تكرون هذه الاجراء بالنظر الى دائرة خط نصف النهار الارضى هكذا			
الدرجة الواحدة تساوى	١٠٠٠٠٠		متر
الدقيقة الواحدة تساوى	١٠٠٠		متر
الثانية الواحدة تساوى	١٠		امتار
الثالثة الواحدة تساوى	١		دسمتر
الرابعة الواحدة تساوى	١		ملتر

* (بيان تقسيم الدائرة المستعمل في تركيب الآلات) *

تقسم محيط الدائرة الى اجزاء متساوية من العمليات الضرورية في كثير من القنور لاسيما في صناعة الآلات كرسم الطائرات المضرسة اللازمة للتعشق والاسطوانات المعدة للغزل الميكانيكي كالقطن والكتان والتيل ونحو ذلك وبقدر الاعتناء باجراء هذه العمليات قلّة وكثرة تختلف بسهولة الحركات المتولدة من التعشق وصعوبتها فلا بد من الضبط الهندسي لانه لا يمكن بجانب ضعف القوة ووقوفها وانعدامها الا به حيث ان ذلك كله لا يحدث الا عن عدم انتظام حركة الآلات وعدم صحتها

ومن المهم كون ارباب الصنائع لا يستعملون الطائرات المضرسة والاسطوانات المحوفة بدون ان يعرفوا هل هذه الاضراس والتجويينات تقسم محيط الدائرة الى اجزاء متساوية مشاهدة ام لا ومعرفة ذلك هي التي تكسب صانعي الآلات قوة في طرق صناعاتهم وقد حصل للصناعة الفرنسية

في ذلك وفر عظيم من القوى المنقولة حتى بلغت محصولاتها اقصى الدرجات
بعد ان كانت محتاجة الى اتقان الصناعة

* (بيان الآلات المعدة لقياس الزوايا) *

يستعمل لقياس الزوايا عدة من الآلات التي تكون فيها الدائرة منقسمة الى
درجات و اجزاء درجات فيها المنقلة وهي اسمها واكثرها استعمالا
وهي نصف دائرة من النحاس او العاج محيطها ممدوج فان كانت من النحاس
كان جرم م د ح ث (شكل ١٧) فلها مرآة و كان مركز ث
معينا بقطعة صغيرة وفيه ايضا عدستان صغيرتان وهما م و ح يبينان
نقطتين اخريين من قطر م ث ح المرسوم على المستوى المنحني اخفا محكما
بواسطة جانب م ث ح من الجزء المستقيم الدان على القطر وان كانت
الآلة المذكورة من العاج فلا تحتاج للقطع المذكورة لان الرسم يظهر من
سمكها وهذا من التوائد العظيمة

وتستعمل الآلة المذكورة لا خذ انحراف اي زاوية كانت كزاوية
 س و ص ونقله الى وضع اخر

واذا ارد رسم مستقيم مثل س ا ص المار بنقطة ا المفروضة الذي
حدث منه ومن مستقيم ه ب د المعلوم زاوية مشتلة على عدة درجات
مثل ا ب فاننا ضاع المنقلة بالتوازي جهة نقطة ا بشرط ان يكون
مركز ث دائما على ه د وكذلك نقطة د الدالة على عدد درجات
زاوية ا ث ب ومتى اتصل خط م ن الذي هو قاعدة المنقلة
الموازية لقطر م د بنقطة ا فان هذا الخط يستعمل مسطرة لرسم
خط س ص المطلوب حيث ان هذه القاعدة كما ظاهرا

* (الغرافومتر) *

هي آلة عند المساحين مضاهية للمنقلة ومؤلفة مثلها من نصف محيط
مقسوم الى عدة درجات غير انها اكبر منها وهي موضوعة على رجل لها

ثلاثة فروع وعلى اطراف نصف محيطها المدرج الواح صغيرة من النحاس وفيها اقتراج مستقيم عمودي على مستوى الدائرة وبواسطة لافراجين الذين يطلق عليهما اسم العيون عند الوقوف خلف احدهما والنظر الى الآخر ندير الغرافومتر الى ان تصير في الاتجاه الصحيح لغرض معلوم والقطر المتحرك حول المركز ايضا عينان قديمر من النقطة التي اذا نظرنا فيها بواسطة الانزراجير نجد عرضا ثانيا في هذا يظهر لنا قياس الزاوية المؤلفة من خطين مستقيمين مارين بمركز الغرافومتر وبفرضين محدودين كل على حدته ونجد فوق مدرجات الآلة الدرجات التي تفصل القطرين وهذا العدد هو مقدار الزاوية المطلوبة

وهناك آلات اخرى صالحة لقياس الزوايا غير انها ليست الاربع الدائرة المدرجة وهي التي يطلق عليها اسم الآلات المربعة واخرى ليست الا سدسها وهي التي يطلق عليها اسم الآلات المسدسة واخرى ليست الا الثمن وهي التي يطلق عليها اسم الآلات الثمينة ونستعمل جميع هذه الآلات في عمليات علم الجغرافيا اى مساحة الارض وفي عمليات الملاحة لاجل قياس الوضع الخصوصي للاجسام الارضية والكواكب عند ركوب البحر ويستعمل لذلك الدوائر الكاملة التي تسمى باسم الدوائر المكررة لانه يكررها في الملاحظات بحيث ان الغلطات المتنوعة التي يمكن حصولها في العمليات المختلفة يمكن اصلاح بعضها فيقل مجموعها

وبقطع النظر عن العيوب الملازمة لتركيب هذه الآلات يوجد فيها غلط اصلي من حيث عدم تساوي تقسيمات الدائرة لانه لا يمكن ليد الانسان ان فصل الى هذه التقسيمات كما يتصورها عقل المهندس اعنى مع الدقة الدقيقة بل انه يتقص الغلطات الخفية بان يبحث عن معرفتها بواسطة الآلات التي تجعل الغلطات البسيطة محسوسة ظاهرة

(بيان الآلات المعدة لتقسيم الدوائر)

قد صنعوا آلات معدة لتقسيم الدوائر مع غاية السرعة والضبط وكيفيةها

انهم يسمون على لوح مثلا كثيرا من الدوائر المتحدة المركز ولاجل الانتقال من الدائرة الصغرى الى الدائرة الكبرى يسمون بالتوالى الاولى الى ثلاثة اجزاء متساوية والثانية الى اربعة والثالثة الى خمسة والرابعة الى ستة والخامسة الى سبعة وهم جرا

ويذنبى مزيد التدقيق والاهتمام فى القسمة الاولى واختبارها عدة مرات بواسطة احدى اقواعد التى ذكرناها آتفا

فاذا فرضنا الان ان المطلوب تقسيم دائرة اخرى اوجزء دائرة الى اجزاء متساوية فانه ينبغي وضع هذه الدائرة الجديدة على وجه بحيث يكون مركزها على محور واحد مع جميع الدوائر المدرجة (وفى هذه الحالة ينبغي للمعلم ان يرسم الالة مع مشاهدة الالة المعدة لتقسيم)

ولا تكون هذه العملية مضبوطة اذا كان مركز القطعة المراد تقسيمها بالدرج موضوعا على المركز المشترك بين الدوائر المدرجة قبل ذلك وقد عرف مصيرون غيبى الصانع الشهير القرنساوى بواسطة الاستعمال السهل للموازيات طريقة تدارك الضرورة وتقسيم المحيط الذى ليس متقد المركز مع اللوح المقسوم سابقا مع غاية الضبط

ولنفرض ان **ا ث ب** هى القطعة التى يراد عليها رسم قوس الدائرة الذى هو **ا ب** المنقسم الى درجات مواصفة بالكلية لدرجات اللوح وان

مستطيل **ش م ن ح** القاسم الزايا يكون موضوعا على وجه بحيث يكون ضلعاه المذان هما **ش م** و **ح خ** متجهين دائما جها

مركز **ث** من قطعة **ا ث ب** المراد تقسيمها ولا يكون هذان الضلعان متحركين الا بانوازي لموضعهما الا على وحين يدور اللوح بكمية

ككمية **٥٠** درجة فان ضلع **و ث** ايقول الى **و ث ا** وضلع **ش ب**

يقول الى **ش ب** وتكون زاوية **ا ث ب** مساوية **٥٠** درجة لكن فى هذا التحويل لا يوجد تغير فى اتجاه مستطيل **ش م ن ح** المتحول

في هذه الحركة ويكون خط $ح خ$ دائما على مستقيم واحد مع مركز القوس وهو $ش$ فينتج اذن صورتان اولاد $ال خ$ يعين على قطعة $ا ب$ عدة نقط متساوية البعد من نقطة $ش$ المركزية اعني قوس الدائرة التي مركزها $ش$ ثانيا اذا دار السطح درجة واحدة فان $دال خ$ يسير ايضا درجة واحدة على القطعة المراد قسمتها
 * (الدرس الرابع) *

في بيان الاشكال المتنوعة التي يمكن جعلها المحصولات الصناعة بواسطة الخط المستقيم والدائرة

قد وجد في الاشكال المستوية بخطوط مستقيمة اشكال منتظمة وغير منتظمة وبسيطة ومركبة وانقتصر على تعريف الاشكال المستعملة كثيرا عند ارباب القنون فنقول

لا يمكن ان الخطين المستقيمين المتوازيين او غير المتوازيين يلاان بالكلمية مافة

واقل ما يلزم لتحصيل هذه النتيجة ثلاثة خطوط غير متوازية وبطلق اسم المثلث المستوي على السطح المملوء بثلاثة خطوط مستقيمة ولا بد ان يميز في كل مثلث كمثلث $ا ب ث$ (شكل ١) اضلاعه الثلاثة التي هي $ا ب$ و $ب ث$ و $ث ا$ وزواياه الثلاثة ورؤوسها الثلاثة التي هي $ا$ و $ب$ و $ث$

وفي زوايا كل مثلث خاصية شهيرة للقنون وهي ان مجموعها يساوي دائما زاويتين قائمتين اي اما كان عظم المثلث وشكله

ولاجل البرهنة على ذلك (شكل ٢) نمد ضلع $ا ب$ الى $ب ه$ ونجعل $ب د$ موازيا لخط $ا ث$ وحيث كان متوازيا لـ $ا ث$ و $ب د$ مقطوعين بمستقيمي $ا ب ه$ و $ب ث$ تحصل معنا اولاً ان زاوية $ث ا ب$ تكون مساوية لزاوية $د ب ه$ ثانيا ان زاوية

أ ب تكون مساوية لزاوية ث ب د فاذن يكون مجموع
 ا و ث و ب التي هي زوايا مثلث أ ب ث الثلاثة مساوية
 لمجموع زوايا ا ب ث و ث ب د و د ب ه الثلاثة التي
 تشغل جميع المسافة من جهة مستقيم أ ب ه بمعنى أنه يساوي زاويتين
 قائمتين

ومن الآن فصاعدا متى أمكن معرفة زاويتين من المثلث أمكن معرفة الثالثة
 ويمكن لذلك الجمع والطرح

ولنفرض مثلاً ان مقدار احدى هاتين الزاويتين $\frac{5}{47}$ والاخرى $\frac{5}{49}$
 فإذا أضفنا ٤٩ الى ٣٧ كان مجموعهما ٨٦ درجة فإذا طرحننا
 هذا المجموع من زاويتين قائمتين أو من $\frac{5}{180}$ كان الباقي ٩٤ درجة
 فاذن تكون الزاوية الثالثة مساوية ٩٤ درجة

وحيث ان مجموع ثلاث زوايا كل مثلث يساوي زاويتين قائمتين ينبغي ان
 احدى الزوايا تساوي صفراً اعني انها تكون معدومة بالكلية حتى يصير
 الزاويتان الاخران قائمتين فاذن لا يكون المثلث محتوياً الا على
 زاوية قائمة

ومن باب اولي لا يكون في مثلث ا ب ث (شكل ١) الا زاوية
 منفرجة كزاوية ا اعني انها اكبر من زاوية قائمة وهذا ما يسمى بالمثلث
 المنفرج الزاوية

ويمكن ان تكون زوايا مثلث ا ب ث الثلاثة حادة (شكل ٢)
 فيطلق عليه اسم مثلث حاد الزوايا

ومثلث ا ب ث قائم الزاوية (شكل ٢٣) هو الذي يحتوي على زاوية قائمة
 مثل ب ووتر الزاوية القائمة الذي هو ا ب هو الضلع الاكبر المقابل
 لهذه الزاوية

ولنقابل الآن اضلاع المثلث ببعضها فنقول

حيث ان الخط المستقيم هو اقصر بعد يصل بين نقطتين تحصل لنا من ذلك انه في كل مثلث يكون الضلع الواحد اصغر من مجموع الضلعين الاخرين

والضلع الاكبر هو \hat{A} من ضلعي المثلث اللذين هما \hat{A} و \hat{B} هو المقابل للزاوية الكبرى وهي \hat{B} من هذا المثلث (شكل ١)

ولذا نأخذ $\hat{A} = \hat{B}$ و $\hat{A} = \hat{B}$ ثم عند \hat{B}

و \hat{A} فتكون زوايا \hat{A} و \hat{B} و \hat{A}

و \hat{A} متساوية وزيادة على ذلك تكون زاوية \hat{A} اكبر

من زاوية \hat{A} و زاوية \hat{A} اصغر من زاوية \hat{A}

فاذن تكون زاوية \hat{A} اكبر من زاوية \hat{A}

(شكل ٣) المثلث المتساوي الاضلاع هو ما كانت اضلاعه الثلاثة متساوية

كلث \hat{A}

(شكل ٤) المثلث المتساوي الساقين هو ما كان فيه ضلعان متساويان فقط

كلث \hat{A}

فاذا اعتبرنا ضلعي \hat{A} و \hat{B} المتساويين (شكل ٤) متثلين

بالنسبة لقاعدة \hat{A} فان عمود \hat{A} يقع على منتصف هذه القاعدة

ويقسم المثلث الى جزئين متساويين ويكون تماثلهما مثبتا لتعريف انتظام

المثلث المتساوي الساقين

ولاجل تكميل قوانين التماثل يسقف بناؤنا اغلب البيوت والعمارات العامة

بسطح جانبه مثلث متساوي الساقين وقد كان هذا المثلث منفرج الزاوية

في هياكل اليونان القديمة وفي بيوت ايطاليا (شكل ٥) وحاد الزوايا

في عتوق النواويس والعمارات الغوطية القديمة (شكل ٦)

واذا اريد رفع الاحمال يستعمل لذلك آلة تسمى بالملف اي آلة الجدي (شكل ٧)

وهي مركبة من قطعتي خشب متحدتي الطول ومتصلتين من احد طرفيهما
 في نقطة θ ومنفصلتين من الطرف الاخر بعارضة $اب$ ويمر الحبل
 المستعمل لرفع جل δ بكرة ثابتة في نقطة θ ويكون مثلث $اب\theta$
 المدلول عليه بالآلة الجردى تماثلا اي متساوي الساقين فاذن يكون العمود
 النازل من نقطة θ على قاعدة $اب$ قاسما تلك القاعدة الى قسمين
 متساويين
 ويحتاج غالباً في القنون الى رسم مثلث يعلم منه بعض اجزاء وهاته كيفية
 العمل

اولا اذا عرفنا ثلاثة اضلاع يعبر عنها برقم ١ و ٢ و ٣ (شكل ٩)
 فالتأبدا برسم خط مستقيم كخط $اب$ مساو لاضلع ٣ في الوضع الذي
 ينبغي فيه رسم المثلث ثم رسم من نقطة $ا$ المعبرة مركزا بواسطة اقتراب
 بيكار مساو لاضلع ٢ قوس الدائرة الذي هو $م\delta$ ورسم من نقطة
 $ب$ المعبرة مركزا ايضا بواسطة اقتراب بيكار مساوي ضلع ١ قوس
 الدائرة الذي هو $ح\delta$ ثم غمد من نقطة θ التي يتقاطع فيها القوسان
 مستقيمي $\theta ا$ و $\theta ب$ فيكون $اب\theta$ هو المثلث
 المطلوب

ثانيا متى علم ضلعان كضلعي ١ و ٢ وزاوية $ا$ (شكل ١٠)
 فالتأبدا برسم خط $اب$ المساوي لاضلع ٢ في وضع لائق ثم رسم بالآلة
 معقدة لقياس الزوايا (كالمثقلة والبيكار وغيرهما) خط $اث$ بشرط
 ان تكون زاوية $ب\theta ا$ مساوية لزاوية $ا$ ونجعل $اث$
 مساويا $ا$ وبالجملة اذا مددنا مستقيم $ب\theta$ حدث المثلث
 المطلوب

ثالثا متى علم ضلع $ا$ وزاويتا $ا$ و $ب$ اللتان رأسهما في نهايتي هذا
 الضلع (شكل ١١) واريد رسم المثلث فالتأبدا برسم خط $اب$ مساويا

ا ثمر - م على التوالي بواسطة آلة معدة لنقل الزوايا مستقيمي ا ث

و ب ث اللذين يحدث منهما مع خط ا ب زاويتا ا و -

فان يكون ا ب ث هو المثلث المطلوب

وحيث كانت هذه العمليات وجيزة بالكلية وجب على المدرسين تكرارها

في اغلب الاوقات للطلبة بواسطة المسطرة والبيكار

وقد ذكرنا آنفا لرسم المثلث ثلاث صور اولا بفرض ثلاثة اضلاع معلومة

ثانيا بفرض ضلعين والزاوية الواقعة بينهما ثالثا بفرض زاويتين والضلع

المختصر بين رأسيهما وقد وجدنا هذه المقروضات كافية في كل صورة

فان ينتج اولا انه اذا تساوت اضلاع المثلثين متى متى كان هذان المثلثان

متساويين وهذا هو المثلث المرسوم بواسطة المقروضات في مواضع

مختلفة

ثانيا اذا كان ضلعان من اضلاع المثلثين والزاوية الواقعة بينهما متساوية

في المثلثين المذكورين من كلتا الجهتين كان المثلثان متساويين

ثالثا اذا كانت زاويتان من زوايا المثلثين والضلع الواقع بينهما متساوية من

كلتا الجهتين فان المثلثين يكونان متساويين

فان (شكل ٨) اذا كان مثلثا ا ب ث و ا - ث متساويين

تقول

اذا فرضنا في النتيجة الاولى ان ا ب يساوي ا - و ب ث يساوي

ث و ا ث يساوي ا ث وفي الثانية ان ا ب يساوي ا -

و ب ث يساوي ث و زاوية ب تساوي زاوية - وكان

كل من زاويتي ب و - مختصرين ا ب و ب ث و ا -

و ث وفي الثالثة ان ا ب يساوي ا - و زاوية ا تساوي

زاوية ا و زاوية ب تساوي زاوية - فان ذلك يستلزم ما باني

وهو ان ارباب الصنائع يذكرون دائما هذه الشروط الثلاثة الخاصة بتساوي
المثلثات ويستعمل هذا التساوي بكثرة في عمليات الصناعة وفي براهين الهندسة
والميكانيكة

فاذا قصد احد الشروط الثلاثة التي بمقتضاها يكون المثلثان متساويين لم يمكن
تساوي هذين المثلثين حيث ان في احدهما زاوية اوضلا على مساوي له في
المثلث الآخر ويجب علينا اذا اردنا ممارسة الفنون بطريقة واضحة ان نعرف
بإشارات سهلة الشروط اللازمة لكل عملية وبهذه الشروط لا يحصل الغلط
في العملية بل يكون وجودها دليل على صحة تلك العملية

(بيان الاشكال ذوات الاضلاع الاربعة)

هناك اشكال مثل $ABCD$ (شكل ١٢) مغلوقة غلقا محكما
بواسطة اربعة خطوط مستقيمة لها اربع زوايا واربعة رؤس مثل A و B
و C و D

ويطلق اسم قطري الشكل على خطي AC و BD المستقيمين اللذين
يصلان رؤس الزوايا المتقابلة ببعضها

والاشكال التي لها اربعة اضلاع تختلف في الانتظام

فشيبه منحرف $ABCD$ (شكل ١٣) هو شكل له اربعة اضلاع
اثنان منها متوازيان كضلي AB و CD

وقد يكون شيبه المنحرف مستطيلا (شكل ١٤) اذا كان الضلع الثالث
الذي هو BC عودا على ضلي AB و CD المتوازيين

ويكون شيبه منحرف $ABCD$ (شكل ١٥) متماثلا اذا كان
ضلعا AD و BC غير المتوازيين متثلين على حد سواء بالنسبة
للضلعين الآخرين

ويتركب السطح بالنظر لبعض العمارات المنتظمة من مثلث متساوي

الساقيين كثلث م د ث (شكل ١٥) في الجزء الاعلى من هذا
السطح ومن شبيه منحرف متماثل مثل ا ب ث د في الجزء الاسفل منه
وهذا ما يسمى بالفرنساوية مناسرد اخذ من اسم مناسرد البناء
المنحرف لهذا السطح ويكون منتصب م ه ف خط تماثل المثلث وشبيه
المنحرف المذكورين

ومتوازي الاضلاع (شكل ١٦) هو ما كانت اضلاعه الاربعة موازية
لبعضها اثنين اثنين

(بيان اجراء العمليات)

متوازي الاضلاع هو الذي يستعمل دائماً في الفنون وبكثرة في تركيب
الآلات لتحصيل ما يطلق عليه اسم الحركة المتوازية
وعلى حسب خواص المتوازيات التي ذكرناها في الدرس الثاني تكون زوايا
متوازي الاضلاع المتقابلة اعني زاويتي ا و ث من جهة وزاويتي
د و ب من جهة اخرى متساوية ويكون اثنان منها حادثين
واثنان منفرجتين وزيادة على ذلك اذا أضفنا زاوية حادة الى زاوية منفرجة
كان مجموعهما مساوياً لزاويتي قائمتين

وبناء على ذلك اذا مددنا الى ث ه (شكل ١٦) ضلع د ث وكان
مستقيماً ا د و ب ث متوازيين فان زاوية ا د ث تكون
مساوية لزاوية ب ث ه وزاويتي د ث ب و ب ث ه
يساويان زاويتي قائمتين

وحيث اثبتنا (في الدرس الثاني) ان المتوازيين المتحصرين بين متوازيين
آخرين متساويان ينتج من ذلك ان اضلاع متوازي الاضلاع المتقابلة تكون
متساوية فاذن ا ب يساوي ث د و ا د يساوي ب ث
ونقطة و التي يتلاقى فيها قطر الشكل موجودة في منتصف كل

منهما

وبيانه ان يقال حيث ان اوث و دوب (شكل ١٦) هما
قطرا الشكل يكون مثلثا ابو و دثو متساويين وذلك
لانه اولا اب = دث * ثانيا زاوية ودث = زاوية
وبا * ثالثا زاوية وثر = زاوية واب على حسب
خواص المتوازيات فاذن وب = ود و وا = وثر

واكبر قطري الشكل اللذين هما اث و بد (شكل ١٧) هو
ما كان مقابلا لزاويتي ب و د الكبريين وهو اث كما سبق

وبيانه اثنا اذا رسمنا خطي ده و ثف عمودين على ضلعي اب
و ثد فان هذين العمودين يكونان متساويين ولكن هـ ب اصغر
من اف فاذن يكون دب اقصر من مائل اث

ويطلق اسم المعين على متوازي اضلاع ابثد (شكل ١٨) الذي
اضلاعه الاربعة متساوية وهذا الشكل لطيف بسبب انتظامه وهو كثير
الاستعمال في فنون الزينة

فاذا كان ضلعان من متوازي الاضلاع على شكل زاوية قائمة فان اضلاعه
الاربعة تكون كذلك

وبيان ذلك انه اذا كانت زاوية ا (شكل ١٩) قائمة في متوازي
اضلاع ابثد كان ضلع اد عمودا على ضلع اب وكذلك
بث بالنسبة لضلع اب وكانت زاويتي ا و ب قائمتين
وكذلك زاويتي د و ث المساويتان لهما

وفي هذه الحالة يطلق على الشكل اسم المستطيل (شكل ١٩) وهو الذي
يكون فيه ايضا اث و بد اللذان هما قطرا الشكل متساويين

ولاجل البرهنة على ذلك يكفي ان نلاحظ ان مثلثي $ا د ب$ و $د ا ب$
 القائمي الزوايا متساويان \Rightarrow اولا لان زاوية $د$ القائمة تساوي زاوية $ا$
 القائمة * ثانيا لان ضلع $ا د$ مشترك بين المثلثين فيكون متساويا بالنظر
 لكل منهما * ثالثا لان ضلع $د ب$ من زاوية $د$ في المثلث الاول
 يساوي ضلع $ا ب$ من زاوية $ا$ في المثلث الثاني فاذن يكون ضلع
 $ا ب$ الثالث من زاوية $ا د ب$ مساويا لضلع $ب د$ الثالث من
 زاوية $د ا ب$ وحيث ان $ا ب$ و $ب د$ قطري
 الشكل

وتكون الاضلاع الاربعة من مربع $ا ب د$ (شكل ٢٠)
 متساوية وكذلك زواياه الاربعة

فاذا اختصرنا خواص الاشكال ذوات الاضلاع الاربعة لزم ان نذكر
 الكيفيات الاتية التي ينبغي ان تكون راسخة في عقول الصانعية وهالك
 بيانها

ففي المربع تكون الزوايا الاربعة متساوية وقائمة وكذلك اضلاعه الاربعة
 تكون متساوية ويكون قطرها شكله متساويين ايضا

وفي المستطيل تكون الزوايا الاربعة متساوية وقائمة ويكون ضلعاها الطويلان
 متساويين وكذلك ضلعاها القصيران ويكون قطرها شكله متساويين ايضا

وفي المعين تكون اضلاعه الاربعة متساوية ويكون فيه زاويتان منفرجتان
 متساويتين وزاويتان حادتان متساويتين ايضا ويكون قطرها شكله غير
 متساويين

ويكون في متوازي الاضلاع ضلعان كبيران متساويين وزاويتان كبيرتان
 متساويتين وضلعان صغيران متساويين وزاويتان صغيرتان متساويتين
 ويكون قطرها شكله غير متساويين ويكونا كبيرا مقابلا للزاويتين الكبيرتين
 واصغرها مقابلا للزاويتين الصغيرتين

* (بيان تماثل الاشكال ذوات الاضلاع الاربعة) *

اذا قمنا جراً من هذه الاشكال على جزء آخر مساو له فالتان بهن اولا على ان شبيهه المخرف ذا الاضلاع المائلة المتساوية (شكل ١٥) يكون متماثلاً بالنسبة لمستقيم $هـ$ فالمرتب نصف قاعدتيه وثانياً على ان المستطيل (شكل ١٩) يكون متماثلاً بالنسبة لكل خط مستقيم تمتد من منتصف الضلعين المتقابلين وثالثاً على ان المعين (شكل ١٨) يكون متماثلاً بالنسبة لاحد قطري شكله ورابعاً على ان المربع (شكل ٢٠) يكون متماثلاً بالنسبة لقطري شكله وبالنسبة لكل خط مستقيم مار بمركزه نصف اضلاعه المتقابلة ولهذا التماثل الموجود في الاشكال ذوات الاضلاع الاربعة فائدة عظيمة في القنون والميكانيكة

ومن المعلوم ان مجموع ثلاث زوايا من كل مثلث يساوي زاويتين قائمتين

وايضاً كل شكل ذي اربعة اضلاع مثل $ا ب ث د$ (شكل ١٢) يمكن تقسيمه

الى مثلثين كمثل $ا ب ث$ و $ا ب د$ الذين يكون مجموع الزوايا الثلاثة في كل منهما مساوياً لزاويتين قائمتين وزيادة على ذلك يكون مجموع الزوايا

الستة من هذين المثلثين مساوياً لمجموع زوايا شكل $ا ب ث د$ الاربعة فاذن يكون مجموع الزوايا من كل شكل ذي اربعة اضلاع مساوياً لاثنتين من الزوايا مضروبتين في مثلها معني اربع زوايا قائمة

واذا وجد شكل خماس مثل $ا ب ث د هـ$ (شكل ٢١) فانه يمكن

ان نغذ من رأس $ا$ مستقيماً $ا ث$ و $ا د$ الى رأس $ث$ و $د$ وبهذا يقسم الشكل الى ثلاث مثلثات يكون مجموع زواياها التسعة مساوياً

لمجموع خمس زوايا من شكل $ا ب ث د هـ$

فاذن يكون مجموع الزوايا من كل شكل خماس مساوياً لثلاث زوايا مضروبة في اثنين اي لست زوايا قائمة

فإذا تتبعنا هذه الطريقة وجدنا مجموع الزوايا بالنظر لكل شكل له من الاضلاع

٣ و ٤ و ٥ و ٦ و ٧ و ٨ مساويا لمجموع

٢ و ٤ و ٦ و ٨ و ١٠ و ١٢ من الزوايا القائمة

(بيان ما يتعلق بالدائرة والاشكال المنتهية بخطوط مستقيمة)

يمكن مروراى دائرة بروس مثلث $AB\Gamma$ الثلاثة (شكل ٢٢)

وكيفية ذلك ان نمد من Γ الذى هو منتصف AB خط $\Gamma\Delta$ وعودا على

AB ومن Δ الذى هو منتصف $B\Gamma$ خط $\Delta\epsilon$ وعودا على

$B\Gamma$ فتكون نقطة ϵ التى يتلاقى فيها هذان العمودان على بعد واحد

من رؤس A و B و Γ الثلاثة فاذن تكون هذه النقطة مركز

الدائرة التى تمر بالنقط الثلاثة المذكورة

وكل مثلث رؤسه الثلاثة موضوعة على محيط الدائرة يسمى مثلثا مرسوما

في داخل الدائرة

ومتى كان المثلث قائم الزاوية (شكل ٢٣) اعنى متى كان فيه زاوية قائمة

كزاوية B فان نقطة ϵ التى هى مركز الدائرة المارة برؤس المثلث

الثلاثة تكون في منتصف ضلع AC المقابل للزاوية القائمة وهذا الضلع

يسمى كما سبق بوتر الزاوية القائمة

وهذه الطريقة يسهل بها الوصول الى ايضاح هذه القاعدة

وهى انه في مستطيل $AB\Gamma\Delta$ (شكل ٢٥) يكون قطرا الشكل

متساويين وكذلك انصافهما المنار اليها بخطوط OA و OB

و OC و OD التى يمكن جعلها انصاف اقطار الدائرة فاذن يمكن دائما

رسم مستطيل في داخل اى دائرة كانت (شكل ٢٥) وبناء على ذلك يمكن

ايضا رسم اى مربع داخل دائرة كافي (شكل ٢٦)

واذا علم مثلث $AB\Gamma$ القائم الزاوية (شكل ٢٥) واريد رسم

مثلث ا د ث مساويا له رسمنا مستطيلا في الدائرة التي يكون مركزها في منتصف ا ث فاذن يكون قطر الدائرة المارة برؤس ا و ب و ث الثلاثة من مثلث ا ب ث القائم الزاوية وهي قطعة ب هو ضلع ا ب الاكبر من هذا المثلث

وينتج من ذلك انه يمكن ان يكون كل شكل ذي اربعة اضلاع مثل ا ب د (شكل ٢٤) الذي زاويتياه المتقابلتان وهما ب و د قائمتان مرسوما في الدائرة التي تمر برؤس هذا الشكل الاربعة

ومن المعلوم ان قطر ا ث يقسم هذا الشكل الى مثلثين قائمي الزوايا مرسومين في الدائرة التي قطرها ا ث

واما الاشكال التي تكون اضلاعها اكثر من اربعة فانها تسمى باحجام تدل على عدد زواياها و اضلاعها

مثلا للمخمس من الاضلاع والزوايا ه وللمسدس ٦ وللمسبع ٧ وللمثمن ٨ وهلم جرا

والذي يستحق الذكر من الاشكال التي يطلق عليها اسم كثير الاضلاع (اعني الاشكال التي لها عدة زوايا) هي الاشكال كثيرة الاضلاع المنتظمة لانها كثيرة الاستعمال مع الاهتمام في الصناعة

والاشكال كثيرة الاضلاع المنتظمة هي التي تكون جميع اضلاعها وزواياها متساوية

فعلى هذا التعريف اذا وجدنا نقطة ك نقطة و على بعد واحد من

ا و ب و ث التي هي رؤس كثير الاضلاع المنتظم وهو

ا ب ث د ه ف قول انها تكون ايضا على بعد واحد من سائر

الرؤس الاخر فاذن ينتج ان ا = ب = و = ث = د وهلم جرا

وبيان ذلك ان مثلثي $اوب$ و $بوت$ المتساويين
متساويان حيث ان قاعدتيهما المشار اليهما بخطى $اب$ و $بث$
متساويتان وكذلك اضلاعهما المتماثلة المشار اليها بخطوط $وا$ و $وب$
و $وت$ فتكون الزوايا المتماثلة مساوية $\frac{1}{2}$ $ب$ حيث ان مجموع
الزاويتين المتوسطتين يساوي زاوية $ب$ ويكون مثلث $وتد$
مساويا للمثلث $وتب$ لان ضلع $وت$ مشترك بينهما و $تد$
يساوي $تب$ كساواة اضلاع كثير الاضلاع المنتظم لبعضها وزاوية
 $وتد = زاوية وتب$ لان احدي هاتين الزاويتين هي
نصف مجموعهما ويبرهن بمثل ذلك على ان مثلثي $وده$ و $وهف$
وكذلك ما اشبههم ما مساويان للمثلث الاول وبناء عليه يكونان متساويين
الساقين فاذن تكون اضلاعهما المتماثلة التي هي $وا$ و $وب$
و $وت$ متساوية وعلى ذلك تكون نقطة $و$ على بعد واحد من سائر
رؤس الشكل المنتظم فتكون حينئذ مركز الدائرة المارة بجميع هذه
الرؤس

وقد توجد هذه الدائرة متى امكن حرورها بالرؤس الثلاثة المذكورة وهذا
ما يحصل دائما وينتج من ذلك انه يمكن دائما رسم دائرة رسم داخلها شكل
كثير الاضلاع المنتظم ولو بلغت اضلاعه في الكرة ما بلغت
وبالعكس اذا كان المعلوم دائرة وامكن ان يرسم في داخلها شكل كثير
الاضلاع يكون عدد اضلاعه على حسب ما يراد يكفي لذلك ان تقسم محيطها
الى عدة اجزاء متساوية بقدر ما يوجد من الاضلاع في شكل كثير الاضلاع
ونقسم نقط التقسيم الى بعضها بواسطة الخطوط المستقيمة
وقد ذكرنا في الدرس الثالث نسب الطول الحاصلة بين انصاف اقطار الدائرة
وابعاد هذه النقط التي هي في الحقيقة اطوال اضلاع الاشكال كثيرة

الاضلاع وبهذا لا يوجد في ذلك صعوبة

(تطبيق الاشكال كثيرة الاضلاع المنتظمة على الاستحكامات المنتظمة)

يستعمل مهندسو الجهادية الاشكال الكثيرة الاضلاع المنتظمة في رسم استحكاماتهم المنتظمة بشرط ان يكون عدداضلاع الاشكال كثيرة الاضلاع على حسب المحل المراد تحصينه ولا يستعملون المثلث المتساوي الاضلاع والمربع الا في الاستحكامات السفرية ويستعملون الخمس والمسدس والمسيح في الاحاطة بالاماكن الصغيرة والقلاع ويستعملون ايضا الاشكال التي عددها كثير في الاحاطة بالمدن العظيمة

تطبيق الاشكال المتقدمة على التلطيظ وتلوين الاخشاب والقزاز والتزوين

الغرض الاصل من المسئلة المستعملة عادة في هذه الاشكال هو كونها تلاء فراغا بأشكال منتهية بخطوط مستقيمة ويعلم من ذلك ان هذه المسئلة قابلة للتعليلات عديدة على حسب التركيبات غير المنتهية للخطوط المستقيمة التي يمكن رسمها على اي مسوكان

فاذا اردنا ان تكون جميع الاشكال منتظمة ويكون عدداضلاع واحدا صارت المسئلة محددة كثيرا ولا يمكن حلها الا بالاشكال الآتية وهي

اولا المثلثات المتساوية الاضلاع التي تتصل رؤسها بستة بنقطة واحدة (شكل ٢٧)

ثانيا المربعات التي تتصل رؤسها اربعة اربعة بنقطة واحدة (شكل ٢٩)

ثالثا المربعات التي تتصل رؤسها ثلاثة ثلاثة بنقطة واحدة (شكل ٢٨)

ولاجل البرهنة على هذه الدعاوى نذكر الجدول الآتي فنقول ان روايا الشكل كثير الاضلاع المنتظم الذي له من الاضلاع

٣	و	٤	و	٥	و	٦	و	٧	يكون قدرها
٦٠	و	٩٠	و	١٠٨	و	١٢٠	و	١٢٨	

وزوايا الشكل الذي له من الاضلاع

٨ و ٩ و ١٠ و ١١ و ١٢ يكون قدرها

١٣٥ و ١٤٠ و ١٤٤ و ١٤٧ و ١٥٠

وبناء على ذلك تكون ٦×٦٠ و ٤×٩٠ و ٣×١٢٠

$= ٣٦٠$

واذا لم يقسم عددا اخر من اعداد الدرجات ٣٦٠ الى عدد صحيح الاجزاء فلا يمكن ملء الفراغ الموجود حول نقطة معلومة بزوايا اخر من زوايا كثير الاضلاع المنتظم وانما غلام زوايا الاشكال الثلاثية الاضلاع والرباعية والسداسية

تبينه اذا ما تمت المسافة التي حول نقطة ما (شكل ٢٧) بستة مثلثات متساوية الاضلاع فانه يتألف من الاضلاع الستة الخارجية سدس منتظم من رسوم داخل دائرة انصاف اقطارها الاضلاع الداخلة وببناء على ذلك تكون اضلاع السدس مساوية لنصف قطر الدائرة المرسوم داخلها وهذا من اعظم الفوائد النافعة في الصناعة

ولا تسوغ لنا كثرة الاشياء التي تتعلق بها آمالنا في هذا الكتاب ان نختبر على وجه التفضيل عدة اشكال منتظمة كثيرا او قليلا تحدث للفنون عند انعامها الى بعضها نتائج عظيمة يتولد من مطالعتها ورسمها للتلازمة ملكة وفطنة

واذا اقتضى الحال عمل التزيق او تلويح الاخشاب او التبليط الذي يشي عليه لزم ان لا تكون نقطة ما محل اجتماع الرؤس العديدة لاتنا اذا وضعنا على هذه النقطة قدما او جسما ثقيل فانهما يتقدم مع السهولة وقت الانهياط وهذا هو الذي ينشأ عنه فساد صحة الصناعة وصلابتها

وبهذا لا يستعملون في الغالب تركيب المثلثات المتساوية الاضلاع التي تصل

رؤسها ستة ستة بنقط متحدة

ويجذب اتصال رؤس المربعات اربعة اربعة بنقطة واحدة

ومتى اردنا تغطية ارضية بالمربعات المتساوية فانه يتم بتنظيم تلك المربعات
او المستطيلات بواسطة الصفوف المستقيمة وباتصال المربعات ببعضها
على صف مقابل لمتصف مربعات الصف الثاني ونستعمل على حسب هذه
القاعدة في تركيب الابنية عادة اجارا منحوتة على مقتضى الصورة المطلوبة
وموضوعة في الوضع المعين في (شكل ٣٠)

وكان الرومانيون في الغالب يجعلون شكل المعين للاجوار والقوالب التي كانوا
يشيدون بها اسوارهم وكانوا يطلقون على نوع هذا الشغل اسم البناء
المرصوص (شكل ٣١) لان منظره يشبه الصف شبهاناما

ولاستعمال شكل المسدس في تخطيط الاماكن منافع كثيرة (شكل ٢٨)
وتتخذ النحل بيوتها على هيئة شكل المسدسات المنتظمة وخاصة هذا
الشكل ان الحل غلامسكنها بقدر معلوم من الشمع

وكان القدماء يشيدون ابنيهم المتينة بكتل كبيرة من الاجار المحوتة على
هيئة الاشكال كثيرة الاضلاع غير المنتظمة والى الآن يوجد كثير من هذه
المباني في بلاد ايطاليا وجزيرة سيسليا وبلاد اليونان كالمباني التي يقال لها
المباني الصقلوية المعينة في (شكل ٣٢)

وفائدة البناء بهذه الطريقة هي ان الكتل الكبيرة المعدة لرفع الابنية تستعمل
على حالتها الطبيعية بحيث لا يتقص من حجمها الاصلى عند النحت الاثنى
قليل جدا

وفي الرصيف الشهير الذي شيده الانكليز لوقاية ميناء مدينة بلوموتة من شدة
تلاطم امواج البحر كسوا اعلاه ومنحدره الداخلي من الجزء الاعلى بقطع
غليظة من المرمر معشقة ببعضها ومفصلة كالمباني الصقلوية وبهذا التعشق
لا يمكن ان البحر يدفع كتلة واحدة وانما يجعل كل كتلة من هذه الكتل مقوية
لصلابة الجميع

* (بيان الاشكال المنتهية بخطوط مستقيمة واقواس دائرة) *

اذ اتوعت الاشكال المؤلفة من خطوط مستقيمة امكن لنا ان نعرف كثرة هذا النوع الموجود في الاشكال المؤلفة من اجزاء الخط المستقيم والدائرة

واسهل الاشكال المؤلفة ما تألف من نصف دائرة وقطرها كشكل الفرافومتر والمنقلة المستعملين لنقل الزوايا وكصورة الملاعب عند القدماء وشكل المدرجات المعدة للجمع عيات العامة والتعليم عند المتأخرين

ويكون الخطيب او المعلم في مركز Γ (شكل ٣٣) ويكون الناظرون مصطفين على انصاف دوائر متساوية البعد ويكون مركزها نقطة Γ وقطرها AB

فاذا رسمنا من نهايتي قطر AB (شكل ٣٤) خطين عمودين على القطر المذكور فانهما يصيران مماسين في نقطتي A و B لنصف دائرة AMB واذا رسمنا ايضا في اي بعد خط HF المستقيم الموازي لخط AB فالتانكمل شكلا مستعملا كثيرا في الفنون وهو شكل القباب والابواب المقوصرة وسيمت بذلك لان انحناء القوصرة نام من سائر الجهات

واذا رسمنا في اعلاما مستطيل $ABFH$ (شكل ٣٥) بواسطة نصف قطر AB اولا من نقطة A المعتبرة مركزا قوس BM وثانيا من نقطة B المعتبرة ايضا مركزا قوس AM فانه يتحصل لنا الشكل الذي يكون على هيئة القباب التي يطلق عليها اسم القباب الحادة

وينتسب شكل القباب المقوصرة الى المبانى اليونانية وكذلك الى المبانى المتأخرة وينتسب شكل القباب الحادة الى المبانى القوطية ولكل من هذه المبانى المقدمة المستعملة باشكل هندسية متنوعة اشكال بعلامات خصوصية تميزها عن بعضها وكل منها جدير بالاعتبار ونعجب ارباب الفنون

السليم ومستحق ان يكون الغرض الاصلى من المطالعة الجيدة نظر النظرة
اشكالها ومعادلتها لبعضها والاشدة علوها وصلابة تراكيها

فأدار سمنا في (شكل ٣٤) نصف دائرة على قطر **هـ ف** فانه يتحصل
معنا محيط **ا م ب ف ن هـ** الذى يكون سطحه كسطح الميادين الى
اعدها القدماء للمساواة على الخيل ولهذا سميت ميادين **ملاعب الخيل**
وكانت الحدود التى تدور حولها الخيالة موضوعة فى مركزى **ث و**
الذين هما مركزا الاجراء المستديرة

ويستعمل المتأخرون لتشييد القناطر والعمارات قبائبا مقصورة مركبة من
عدة اقواس دوائر وهذا هو الذى يطلق عليه اسم القباب المصنوعة على صورة
ادن القفص ويوجد في (شكل ٣٦) اقواس من الدوائر لها ثلاثة مراكز
مشار إليها بنقط **و ر ح و ح و ح** وسأنى بيان ذلك فى الدرس الرابع
عشر

وهنا النوع من المباني القوطية او المورسكية يحتوى على صناعة القباب
بواسطة قوسى **ب د و ع ف** الصغرى من **التخمين بالكلية**
(شكل ٣٧) الموصولين بمستقيمى **د هـ و هـ ف** اللذين يتألف
منهما زاوية منفرجة

ويلاحظ الانكاز كثير من المباني القوطية المشيدة على وفق هذا النوع المتقدم
وهى شهيرة بنظرارة شكلها وشدة علوها ككنائس **هنرى الثامن** المشيدة
فى مدينة **وستنستير** وكنائس **تريينته** المشيدة فى **قبرج** وكنائس **قصر**
وندسور

(بيان رسم تفصيل العمارات) *

قد ابتدع البنائون تركيبات بسيطة نفيسة من الدائرة والخط المستقيم لتزيين
العمارات بالشكل المسمى **خراطة** ويستعمل قطاع الخشب والخجارون
وخرائط الاخشاب الرفيعة وصناع الآلات الاشكال المذكورة ويجب عليهم

ان يعرفوها حق المعرفة

واسهل هذه الاشكال هو الشريط المركب من خطين متوازيين قريبين من بعضهما ومنتهيين من اطرافهما بعمود واحد ويرى في (شكل ٣٨) شريط واحد كـ شريط \overline{AB} ويرى ايضا من نوع هذا الشريط عدة شرائط موضوعة فوق بعضها في (شكل ٣٩) الدال على عمود البناء الدوري في اليوناني المسمى بالشكل البستوي حيث انه يوجد في مدينة بستوم هيكل محاط باعمدة طريفة من هذا الشكل

ويضمون عادة الى ما بقى من العمارات شريطا واحدا بواسطة ربع دائرة $\overline{B\Gamma}$ المماس لاسفل الشريط في نقطة \overline{B} وللضلع المنتصب من الحائط في نقطة $\overline{\Gamma}$ ولضلع العمود المربع او العمود الجانبي الذي يراد رسمه

وكذلك يعملون عادة فوق الشريط نصف دائرة بار ياطلى عليه بالفرنساوية اسم البودين (شكل ٣٨)

ثم انهم يستعملون دائرة المحدث الذي يطلق عليه اسم ربع دور مثل \overline{AM} دون غيره (شكل ٤٠) ويستعملون دائرة المجوف مثل \overline{AM} (شكل ٤١)

ويتألف الكعب من ربعي الدائرة اللذين هما \overline{AM} و \overline{BN} (شكل ٤٢) اذا كان نصف قطرهما واحدا وكان كل من مركزيهما المشار اليهما بحرفي \overline{O} و \overline{H} موضوعا على منتصب واحد

ويتألف كذلك الحافر من ربعي الدائرة اللذين هما \overline{AM} و \overline{BN} (شكل ٤٣) اذا كان نصف قطرهما واحدا وكان كل من مركزيهما المشار اليهما بحرفي \overline{O} و \overline{H} موضوعين على خطافتي واحد

وهذه هي المبادئ البسيطة التي يركب بها البنائون انواع القومرات

والافاريذ والقواعد والرؤس الموجودة في كل من المباني القديمة والجديدة
ولا ينبغي ان يعتقد ان تركيب هذه الاشكال يتيسر لكل من اراد بمعنى انه
يمكن اعله بالصدفة والاتفاق او على حسب ما تقتضيه الالهواء القاسدة
الناشئة عن اختلال العقل بل يلزم ان يكون استكمال فن رسم تفصيل
العمارات واجزاها المتنوعة ناشئا عن مراعاة قوانين التنوع والتباين
وتجنب الزينة في البناء وعوضا عن النوسع في هذه الزينة وفنرها يلزم
تركيبها بجملة بسيطة ليسهل على النظر الاطاحة بها ويلزم ايضا فصل تلك الجملة عن
بعضها بمسافات كبيرة مستوية وينبغي لنا ان نقابل في كل جملة الخراطات
الرفيعة بالخراطات الكبيرة والاشكال المستقيمة بالاشكال المستديرة حتى
نظهر من كل جملة الاشكال المكتشفة بها وهذه هي القواعد الاصلية
المستعملة في فن زينة المباني اعني القواعد التي لم يختص باستكشافها اعظم
بناءى اليونان والاطاليين ولا يستعملها في مبانيهم حيث وجدوها
مستعملة مع الاتقان في المباني الفريفة الموجودة ببلاد مصر القديمة
وفي العمارات النعوطية التي حدثت في القرون الوسطى وفي المساجد
والسرايات التي شيدها العرب ببلاد الاندلس في العصر الذي اظهر وافيته بهذه
الايالة العلوم والفنون التي كانت معدومة وقتئذ في باقي من بلاد

اوربا

وهذا العملية هندسية اكثر فعا من نقش الظاهري ومن رسم الزينة الجانبى
وهي معرفة مستوى العمارات ورسمه وقد توول جميع الاشكال المستعملة
عند البنائين الى شكلى الخط المستقيم والدائرة وفيما ندر من الاحوال التي
يحتاجون فيها الى اشكال دقيقة يسمون هذه الاشكال الى اجزاء
مستديرة كما اسلفنا ذلك في القباب المقوسرة

واذا احتاج البنائون الى تشييد عمارة في فراع متسع جدا وجب عليهم ان
يتخيروا اشكالا منتظمة يسر الناظر كل من بساطتها واستوائها وتماثلها
ويستدل بها على الفطنة والنظام اللذين يوجبهما تشييد الانسان مبانيه

وعماراته

والمختار من هذه الاشكال وهو المستطيل او المربع لانهما ينقسمان مع السهولة الى تقسيمات ثابوية متحدة الصورة لازمة للتقسيم وليس فيه ما عيب سوى انهما لا يطابقان المحيطات المستديرة الداخلية الامع تضيق المسافة وحدوث اركان صغيرة مختلفة الشكل يلزم اخفاؤها عن النظر ومع ذلك لا تخلو هذه الاركان عن فائدة وهي ان يبنى فيها سلام مخفية او مخازن للاشياء التي لا ينبغي اظهارها

ويجبر البناء في المدن التي تكون اراضيها غالية على ان يستخرج منفعة من الاراضي الضيقة ويرسم الاماكن المنتظمة رسمًا جيدًا بقدر الامكان في شكل غير منتظم بالكفاية وفي مثل هذه الاماكن تكون عادة تركيب الاشكال الهندسية مع بعضها مستعملة بكثرة عند ارباب الصناعة وبها يجدون اعظم اتركيبات

ومن معلى البناء من يعتقد انه يجعل تلامذته ماهرين بان يعطيهم صورة عمارات بحيث لو بنيت لكانت مصاريفها تبلغ ملايين من الاموال ولو اراد الانسان ان يبنى على منوال تلك الصور لما تيسر له ذلك الا في سهول ودمية بمعنى ان ذلك متعذر فلذا ترى هؤلاء المعلمين يعودون تلامذتهم على زخرفة المباني المؤدية الى الاستزاد والسخرية وعلى مصاريف كثيرة يتعذر حصولها فيما بعد عند الاهالي فن ثم كان الاولى ان يعودوهم دائماً على انشاء رسم العمارات بشرط ان يتبعوا الاشكال المختلفة الممكن وجودها في داخل المدن التي يبنونها متلاصقة وذلك لان الشبان لهم ملكة الابتداع والاختراع

* (الدرس الخامس) *

* (في بيان الاشكال المتساوية والمتماثلة والمناسبة) *

يكون الشكلان متساويين اذا كان احدهما موضوعا على الاخر وكان محيطاهما متعديين بالكفاية في جميع امتدادهما وقد اكتسبت الفنون من علم الهندسة عدة طرق متنوعة لرسم شكل مساو

لاخرو هذه مسألة مهمة جدا وكثيرة الاستعمال في الصناعة ولذا اذا اقتضى الحال عمل اجسام من النحت او النقش او الزخرفة او غير ذلك فانه يلزم عمل قوالب وارائيك ~~تكون~~ ابعادها مساوية بالكيفية لابعاد الاجسام المراد عملها

وقد تقدم لنا في الدرس الثاني انه يمكن بطريقة المتوازيات المتحدة في الطول مع غاية السهولة رسم شكل يكون مساويا لآخر وموضوعا على وجه بحيث تكون الخطوط المتقابلة في الشكلين متوازية

وبواسطة هذه العملية يظهر كثير من الغلط بقدر ما يكون للمتوازيات المراد رسمها من الطول وقدر تباعدها عن بعضها وينبغي ان يضاف الى اسباب هذا الغلط عدم ضبط المساطر والبيكاتات والحبال المستعملة في قياس الابعاد وعدم اتقان البراية الرفيعة كثيرا او قليلا لقلام الرصاص والريش واقلام الخد اول المستعملة عندهم وهم جرا

وقد تكون الطريقة التي يستعملها المهندس في صور ~~كثيرة~~ كثيرة لا يتحقق من تساوي شكلين مستعملة ايضا عند الصانع في رسم شكل مساويا لآخر وانذكر الان الطريقة المعتدة لوضع احدهذين الشكلين على الآخر وتظهر هل احدهما يتجاوز الآخر في هذا الوضع بنقطة او لا فنقول

لنرسم شكل ا ب ث د الخ (شكل ١) على امتداد ك امتداد م ن ح ح (شكل ١ مكرر) ك قطعة قياس تنشر اولوح معدني او غير ذلك ونضع

شكل ا ب ث د على وجه بحيث يكون موجودا على ا ب د

في م ن ح ح (شكل ١ مكرر) ثم نقسم م ن ح ح

على حسب اضلاع ا ب د و ا ب د و ا ب د فينتج لنا شكل ا ب د الخ

المساوي بالضرورة للشكل ا ب ث د الخ

وعوضا عن كوننا نقسم الشكل الثاني بلا واسطة ترسم في الغالب بواسطة قلم الرصاص او الطباشير او الحبر او غير ذلك محيط ا ب د الخ مع ملازمة

أطراف الشكل الاول ثم تقطع النظر عن الشكل الاول وترسم الشكل الثاني مع السهولة

وهذه هي الطريقة التي يصنع بها الخياطون ونحاتو الاجار والنحاسون والسمكرية ومهندسو السفن وغيرهم من ارباب الصنائع شكلا مساويا لارنيك معلوم

(بيان طبع الرسم اى النقل بالفهم)

اذا لم يكن الشكل الاول مقطوعا على السطح الذي يشتمل عليه فلا يمكن استعمال الطريقة التي ذكرناها آنفا فان اذا كان الشكل المجهول ارنيكالم يبلغ الغاية في اللطف فانه يمكن تطبيقه على م ن ح مع غرز سائر النقاط الشهيرة وهي ا و - و - و - التي نصلها فيما بعد بخطوط مستقيمة ونعزز في بعض الاحيان الخطوط التامة التي ينبغي تحصيلها ثم نضرب بخزقة مملوءة من انعم المسحوق على الارنيك الذي يغطي م ن ح ح فطبع الشكل الاول (وهذه هي كيفية طبع الرسم بالفهم) وتكون اجزاء النعم الصغيرة المارة بداخل كل ثقب دالة بكثرتها على سائر محيطات الشكل المراد تحصيله وقد وجد ارباب الصناعة طرقا اخرى لرسم صورة تامة بدون تلمس الارنيك

(بيان نقل الرسم)

لاجل عدم ثقب الرسم نضع فرخا من الورق الشفاف على الجسم المراد اخذ صورته وتضع بقلم الرصاص او بالناقش او الريشة او غير ذلك المحيطات المراد تحصيلها وهذا هو الذي يطلق عليه اسم نقل الرسم

(بيان تمثيل الاشكال)

يكون شكلا ا - ث و الخ و ا - ث و الخ (شكل ١ مكرر) متماثلين اذا كانت قطعهما المتقابلة وهي ا و ا و - و - و - و - الخ موضوعة على متوازيات يقطع منتصفها عمود م ن واذا تيسر بوز م ن ح ح على م ن ح ح فن المعلوم

ان نقطة ا تنطبق على أ و و على ر الخ بحيث انه اذا امكن
 طبع ا ر و ر ا الخ على م ن ح خ فانه يظهر فيه شكل
ا ر و ر ا الخ المماثل له فاذن يمكن بواسطة التوازيات والعمود الذي
 يقطعها من منتصفها رسم شكل ا ر و ر ا الخ مماثلا لشكل آخر مثل
ا ر و

(بيان تحصيل الاشكال المتساوية او المتماثلة بالثقت والطبع والتغرافيا)
 * (اي الطبع بالجر) وغير ذلك *

الغرض الاصلى من هذه الفنون هو ان تضع على لوح او سطح من الخشب
 او المعدن او الجرا وغيره من سائر الجواهر اشكالا لا يمكن نقلها بالدقة على
 سطوح أخرى وينبغي لنا ان نلاحظ ان الشكل المطبوع يكون منعكسا
 بالنسبة لشكل اللوح لان ما كان على الجهة اليمنى يطبع على الجهة اليسرى
 وبالعكس فاذن يلزم ان يكتب على ظهر اللوح اذا اريد ان الكتابة تكون على
 وضعها الاصلى راجع (شكل ١ مكرر) وهذا هو السبب في نقش حروف
 الطبع بالعكس ووضعها مقلوبة لتكون فوق الورق على صورتها الاصلية
 وتكون متتابعة من الشمال الى اليمين (وهذا على طريقة الفرنساوية
 واما الطريقة العربية فهي بالعكس) فيتحصل حينئذ من الطبع البسيط نسخ
 غير مساوية لاشكال اللوح الا انها متماثلة

* (بيان تحصيل الاشكال المتساوية بالطبع) *

اعلم اننا نقس وزركب ونرسم القوالب التي نطبع بواسطتها على الأنواع المستعملة
 فيما بعد طبع الحروف والموسيقى والرسم وغير ذلك وقد تكون الاشياء
 المطبوعة مارة من الشمال الى اليمين بواسطة الطبع الاول ومن اليمين الى
 الشمال بواسطة الطبع الثاني فاذن تكون الاشياء المطبوعة متحدة ومتساوية
 على القالب الاصلى والنسخ المتحصلة من اللوح المتوسط ونضع بحسب هذه
 القاعدة في الجهة الاصلية المتقاش المجعول قالب السبب حروف الطبع وبناء
 على ذلك تكون هذه الحروف منعكسة ويكون الطبع الثاني عنها في الجهة

الاصلية وفي نقش والتغرافيا يرسم ونكتب في الجهة الاصلية على الورق
او على القنوة المجهزة فتكون هذه الكتابة مقلوبة على الجبر ومعدلة على
الاوراق التي ينشأ عنها التغرافيا

والمطلوب الآن من علم الهندسة طرق جديدة لرسم شكل مساوي لآخر

فلنفرض شكلا كشكل **ا ب ث د ه ف غ ا** (شكل ١) المؤلف
من عدة اضلاع على حسب المطلوب فاذا اردنا من نقطة **ا** التي هي رأس
كثير الاضلاع المنتظم او غير المنتظم الى سائر الرؤس الاخر خطوطا مستقيمة
فاننا قسم كثير الاضلاع المذكور الى مثلثات وحيث انه يسهل علينا رسم
مثلث يكون مساويا لآخر مع جعل مثلث **ا ب ث** مساويا لمثلث
ا ب ث ومثلث **ا ب د** مساويا لمثلث **ا ب د** واه مساويا لمثلث **ا د ه**
وهلم جرا يقول الامر الى كوننا رسم شكل **ا ب ث د ه ف غ** بتمامه
(شكل امكرر) مساويا للشكل **ا ب ث د ه ف غ ا** (شكل ١)

ويمكن تحصيل شكل **ا ب ث د ه ف غ ا** باستعمال بيكار واحد
لقياس طول الاضلاع ومنقله لقياس الزوايا يرسم الاضلاع **ا ب** مساويا
لضلع **ا ب** واذا وضعنا مركز المنقلة في نقطة **ب** ورددنا القاعدة
القطرية من المنقلة على اتجاه ضلع **ا ب** استخراجنا مع الصفحة عدد
درجات زاوية **ا ب ث** وكسور درجاتها ونقل المنقلة الى نقطة **د**
على الشكل الجديد المراد رسمه ثم ننقل عدد الدرجات التي قسناها آنفا
وتكون **م** هي النقطة المقابلة لهذا العدد على محيط المنقلة فاذا بينا على
الورق نقطة **م** بواسطة طرف البيكار ورددنا مستقيم **م ث** مساويا
ب ث نحصل معنا ضلع ثان من الشكل الجديد فاذا اتينا المنقلة الى
نقطة **ث** نحصل لنا زاوية **ب ث د** المنقولة الى **ب ث د**
وهكذا الى ما لانهاية واذا كانت العمالية مضبوطة ضبطا تاما فان الضلع
الاخير وهو **غ ا** يصل في حال رسمه الى نقطة **ا** الاولى ويكون طوله

مساويا طول ع ١ لكن اذا كان عدد اضلاع ~~كثير~~ الاضلاع قليلا فلا يمكن الوصول الى مثل هذه النتيجة ويكون اقل خطأ يحصل في اى زاوية طاهر في جميع الزوايا الاتية حيث ان اتجاه احد الاضلاع يكون ثابتا على حسب الضلع المتقدم وبالجملة فالخطأ الحاصل في طول اى ضلع يجعل الشكل كبير او صغير بانقل سائر اضلاع الشكل كثير الاضلاع بالتوازي الى الخارج او الداخل

وقد ذكرت هذه القاعدة لايين لك انه يمكن ان يكون كثير من طرق العمل القوية عرضة للخطأ في العملية ويمكن بواسطة طريقة حسنة ان تكون العمليات ممتنة مضبوطة

ولنجث عن اعظم طريقة نرسم بها اشكلا مشابها لآخر

وحاصلها اننا اذا رسمنا بالتوالي مثلثي ا ب ث و ا ث د (شكل ١ مكرر) مع مقابلهما للمثلثين المساويين لهما قط فانه يمكن مع غاية الصعوبة اجتناب الخطأ الجسيم ولا ينبغي ان ما يقع في كل زاوية من الخطأ الذي يزداد بقدرا زدياد عدد الزوايا ينشأ عنه مقدار جسيم من الخطأ فاذن يمكن ان تكون زاوية س ا غ الكلية مغايرة لزاوية ب ا غ تغايرا حسيا مع ان زاويتي س ا ث و ا ث د الجزئيتين المظروفتين فيها مغايرتان قليلا لزاويتي ب ا ث و ث ا د المقابلتين لهما تين الزاويتين

وهاهي الطرق التي نؤخذ من علم الهندسة لاثبات هذه المساواة الطريقة الاولى استعمال المتوازيات وحاصلها ان كل زاويتين يكونان متساويتين اذا كانت اضلاعهما متوازية

الطريقة الثانية اذا قسنا بالبيكار وجدنا ا ب يساوي ا - و ا غ يساوي ا غ و ب غ يساوي ب - غ الطريقة الثالثة ان نمد ضلعي ب غ و س غ اللذين كل منهما ضلع

ثالث من مثلثي $أ ب غ$ و $ا - غ$ ثم تنظر هل نقطة $ا$ على بعد واحد من $ب غ$ كنقطة $ا$ من $غ$ اعني هل عمودا $ا ز$ و $ا ن$ التازلان من نقطة $ا$ على $ب غ$ ومن نقطة $ا$ على $غ$ مساويان لبعضهما لا

وعند انتهاء اثبات تساوي زاويتي $أ ب غ$ و $ا - غ$ ترسم فيهما خطوط $ا ث$ و $ا ت$ و $ا د$ و $ا ه$ لنضع فيهما زوايا جرتية متساوية بان نجعل طول $ا ث$ مساويا لطول $ا ت$ وطول $ا د$ مساويا لطول $ا ه$ وطول $ا ه$ مساويا لطول $ا ه$ ثم ترسم اضلاع $ر ت$ و $ر د$ و $ر ه$ و $ر ف$ الخ فيحصل معنا رسم الشكل الثاني

فتثبت اولاً لرسم الجزء الاخير ما بواسطة اليكارت تنظر هل $ر د$ يساوي $ر ت$ و $ر ه$ يساوي $ر د$ بواسطة القرافومترو تنظر ايضا هل زاوية $ا ب ت$ تساوي زاوية $ا ر ت$ وزاوية $ب ر د$ تساوي $ر ت د$ وهلم جرا فاذا ظهر لنا بعض خطأ اعدنا العمليات لتعرف منشأ الخطأ ونصححه

* (بيان قاعدة المربعات) *

يستعمل ارباب الصنائع هذه القاعدة بكثرة لاحداث شكل مساو لآخر (شكل ٢)

وذلك بان يقسموا في مبدء الامر الشكل الذي يريدون الرسم على نقطه الى طبقات متساوية بواسطة المتوازيات المتجهه الى جهتين عموديتين ويضعوا نمرة على كل جهة من جهات هذه القسمة الاربع لتسهيل معرفتها ويعملون قسمة مشابهة لهذه القسمة على المستوى الذي ينبغي لهم ان يرسموا عليه شكلاً جديداً مساوياً للاول وبعد اجراء القسمة المذكورة يبينون النقط الضرورية التي توجد في كل من هذه المربعات

واذا اجهت في مبدء الامر للتحقق من وجود شيء في طبقة $و ا$ و $ا$ رأينا

انه لا يوجد شيء في طبقة ١ و ٢ و ١ و ٤ الرأس الموجود
على خط منار الى كل من طرفيه برقم ٤ و ٤ فجعل على هذا الخط
انفراج البيكار مساويا لبعده هذه النقطة في ١ و ١ ونضعه على الشكل
الجديد في ١ و ١ اقترى ان نقطة ب تكون في مربع ٢ و ٣
و ٦ و ٧ وتقيس بعد ب بخطوط ٢ و ٢ و ٦ و ٦
وتقل هذه الابعاد الى الشكل الجديد فيتحصل معانقطة ب وجميع رؤس
ش و د و هـ وغيرها ورسم كثير اضلاع ا ب ش د هـ الى ا
مساويا لكثير اضلاع ا ب ش د هـ الى ا

وقد يوجد كما في الطريقة التي ذكرناها آتفا ثلاثة انواع من الخطاء نأشئة
عن الخطاء الكلى * اولا في توازي او مساواة الخطوط التي تتألف منها
المربعات * ثانيا في رسم كل خط اما بالنسبة لاستقامته او لسمكه او غير ذلك
* ثالثا في قياس وضع كل نقطة

وطالما كررت لك انه ينشأ عن استعمال هذه الطرق البسيطة كثير من الخطاء
وانه يلزم ان يكون عند ارباب الصناعة مهارة عظيمة في العملية واختتام كلى مع
التؤدة وجودة الذهن ليتجنبوا هذا الخطاء او يعرفوا منشاءه فيصححوه وبهذا
التصحيح يستدل على تقدم الصناعة وانها بلغت درجة السكال وبالجملة فلا تعجب
من كونه يلزم مضي عدة قرون حتى يصل الانسان الى صنع آلة صناعة نامة
بحيث تكون قواعد هامة معلومة واشكالها محكمة التحديد الان نجاحها
يكوم معانقا على صناعة اجرائها المتنوعة فن ثم كان يعسر على الملل التي
لم تقدم في القنون المحتاجة الى الضبط والاتقان ان تصل الى درجة غيرها
من الملل المتقدمة في القنون المذكورة وذلك لان تقدم هذه الملل بعينها دائما
الى تنقيص الاسباب الموجبة للغطاء في العملية * والقضية العلمية المعروفة
حق المعرفة والمطبقة على العملية بوجه الصحة هي التي تجعل الملل التي ليست
في مرتبة واحدة متساوية في المعارف بل وتجعلها فائقة على من يعادلها
من الملل الاخرى التي سبقها بامثال محصولات الصناعة وهذا هو الغرض

الاصلي مما ذكرناه في هذا الشأن

(بيان الاشكال المتناسبة)

لا يكفي لارباب الصناعة ان يعرفوا مجرد عمل شكل مماثل او مساو لا آخر بل هم محتاجون في الغالب لعمل اشكال تشبه شيئا تاما اشكالا اخرى غير انها تكون اكبرا واصغر منها وعلم الهندسة هو الذي تعرف به طريق الوصول الى ذلك بواسطة خواص الخطوط المتناسبة والمثلثات المتشابهة

وانفرض ان مستقيم ا ف (شكل ٣) منقسم الى اجزاء متساوية مثل ا ب و ب ث و ث د و د ه الخ ونفرض ايضا اننا مددنا من كل نقطة من نقاط التقسيم على اى اتجاه من الاتجاهات متوازيات ا ا و ب ب و ث ث و د د و ه ه الخ فتكون هذه المتوازيات متساوية الابعاد وبيان ذلك اننا اذا انزلنا اعمدة ا ا و ب ب و ث ث و د د و ه ه الخ على المتوازيات المذكورة فنصنع عدة مثلثات مثل ا ب ا و ب ث ب و ث د ث و د ه د وهلم جرا حيث ان زوايا المثلثات المتقابلة متساوية وان كل ضلع منها مساو لا آخر اعني ان ضلع ا ب يساوي ب ث وضلع ب ث = ث د الخ فاذن تكون اعمدة ا ا و ب ب و ث ث و د د و ه ه الخ هي الاضلاع المتقابلة من هذه المثلثات والتي تقيس المسافات الموجودة بين المتوازيات المتوالية مساوية لبعضها

ولنعد الآن خط م د و ع ر في اتجاه مغاير لمستقيم ا ف فنقول حينئذ ان اجزاء م د و د و و و ع و ع ر تكون مساوية لبعضها

ومن المعلوم اننا اذا انزلنا باعمدة م ا و د ب و ع ر الخ على

الخطوط المتوازية وكانت هذه الخطوط على بعد واحد من بعضها تحصل معنا
ان م ١ يساوى د ٢ يساوى د ٣ الخ وزيادة على ذلك تكون
اضلاع مثلثات م ١ د ٢ و د ٣ و د ٤ الخ متوازية وبناء
عليه تكون زواياها متساوية فاذن تكون هي متساوية وبمقتضى ذلك
تكون اضلاع م ١ د ٢ و د ٣ و د ٤ الخ المتقابلة متساوية

فعلى هذا اذا كان مثل ا ف (شكل ٣) منقسما الى اجزاء متساوية
بواسطة متوازيات ا ا و ب و ج و د و هـ و هـ لم جرا
فان هذه المتوازيات تقسم ايضا مستقيم م ر الذى يقطعها الى اجزاء
متساوية

وتستعمل هذه الخاصية لتقسيم مستقيم معلوم الى اجزاء متساوية على
حسب المطلوب

مثلا اذا فرضنا انه يلزم تقسيم خط ا ف (شكل ٤) الى خمسة اجزاء
متساوية فالتساوي من نقطة ا مستقيما آخر كستقيم ا س في اى اتجاه
كان ثم نعين بانفراج البيكار تقسيمات ١ و ٢ و ٣ و ٤ و ٥
المساوية لبعضها و نعد من نقطة هـ ومن نقطة ف خط ف هـ
ثم نعد ايضا من نقط ١ و ٢ و ٣ و ٤ خطوط ب ا و ج ب و د ج و هـ ج
و ٣ د و ٤ هـ موازية لخط ف هـ فيصير خط ا ف منقسما
الى خمسة اجزاء متساوية حيث ان اجزاء هذا المستقيم الخمسة محصورة بين
المتوازيات التى على بعد واحد من بعضها

وهذه الطريقة هي المستعملة عادة في تقسيم المقاييس المستعملة لرسم
مستويات المباني الملائكية والجهادية والبحرية
ولقسمة المقاييس فائدة عظيمة جدا حيث يتوقف عليها صحة الرسوم المستعملة فيها
هذه المقاييس اوفسادهما واختلالهما فاذا كان بعض اجزاء المقاييس المضبوطة
قبل العملية فاسدة كانت جميع اجزاء الرسوم التى تعتبر فيها هذه الاجزاء

كلاقيسة فاسدة ايضا وربما تكرر هذا الخطا غير مرة وتولد عنه خطأ جسيم

ولاجل الوصول الى تقسيم القياس صحة صحيحة ينبغي ان لا تكون تقسيمات
 ١ ١ و ٢ و ٢ و ٣ الخ اصغر من ا ب و ث د
 و ك ه الخ وينبغي ايضا ان نضع طرفي البيكار مع الضبط على خط آ س
 المرسوم في اتجاه ثابت وكذلك ينبغي ان لا تشعل علامة البيكار الامسافة
 صغيرة بقدر الامكان بحيث انه لا ينشأ عن امتداده الاخطأهين وبالجملة فيلزم
 عند رسم المتوازيات ان يكون منتصف الخط المرسوم بقلم الرصاص او الحبر
 مراع الدقة بنقطة التقسيم الموافقة وان يكون التوازي على غاية من الصحة
 فاذا توفر هذه الشروط كلها دلت بمفردها على صحة العملية

وقد نصح بواسطة البيكار قسمة خط ا ب (شكل ٤) بحيث يعرف
 هل اجزاء ا ب و ب ث و ث د متساوية على وجه الدقة ام لا

(بيان التقسيمات الصغيرة للمقاييس المهمة)

يلزم في الغالب تقسيم وحدة مقياس ا ب (شكل ٥) الى اجزاء عديدة
 بحيث يمكن تعيينها على مستقيم ا ب الصغير بطريقة محكمة ينة وفي هذه
 الصورة نرسم متوازيات م م و ن ن و و و متساوية البعد
 ونرسم ايضا عمودي م ف و ن ف و ا ف ومائل ا ف فتكون النسبة
 بين اطوال ب ب و ث ث و د د و ه ه الخ كنسبة
 ١ و ٢ و ٣ و ٤ و ٥ وتدل هذه الاطوال على تقسيمات
 م ا الى اجزاء متساوية بقدر ما يوجد من المسافات المتساوية بين
 متوازيات م م و ن ن و و الخ مثلاً اذا كان م ا يدل
 على ١ متروكان هنالك عشرة خطوط موازية لخط م ا المذكور
 وكانت كلها متساوية البعد فان اجزاء ب ب و ث ث و د د

و هـ هـ وهلم جرا تكون في الحقيقة عشر المتراو عشرة او ثلاثة اعشاره
او اربعة اعشاره وهكذا وعوضا عن كونها تنقل بواسطة المقاييس المرسومة
طرفي البكار على خط م ا تقلا ينقب الخط بسرعة تتقاهما بحسب تنوع
الاعداد على ن د و و د و ح الخ وبذلك تبقى المقاييس زمنا
طويلا وهذا من اعظم القوائد في الرسم

* (بيان تصحيح رسم اريدك آلة او محصول صناعة) *

اذا كان المطلوب تصحيح رسم آلة او محصول جار على مقتضى المقياس فاول شيء
يجب عمله هو تصحيح المقياس المستعمل لتحصيل هذا المحصول فان كان هذا
المقياس فاسدا كان الرسم بحسب الظن غير مضبوط وان كان صحيحا تولد عن
الرسم عدة انواع من الخطأ ينبغي البحث عنها

ولنرجع الى تقسيم الخطوط المستقيمة بالخطوط المتوازية فنقول اذا فرضنا
ان خط ا ف (شكل ٣) مقطوع بمتوازيات ا م و ب د
ف ر التي ليست على بعد واحد فان جرى ا ب و ب ف
المحصولين بين هذه المتوازيات يكونان غير متساويين وكذلك م د
و د ر اللذان هما جرا مستقيم م ر المقطوع بهذه المتوازيات

لكن اذا كان ب ف اكبر من ا ب كان م ر اكبر ايضا من م د
وزيادة على ذلك فيكون د ر مشتملا على طول م د بقدر اشتغال

ب ف على طول ا ب

مثلا اذا كان ب ف بشتمل على ا ب اربع مرات فانه عند تقسمة
ب ف الى اربعة اجزاء متساوية مثل ب ث و ث د و د هـ
و هـ ف الخ ورسم متوازيات ث و د و د هـ و هـ ف الخ تقسم خط د ر
الى عدة اجزاء مثل د و و و ع و ع و غ و غ ر المساوية لخط
م د بقدر ما يوجد من اجزاء ب ث و ث د و د هـ و هـ ف
المساوية لخط ا ب فاذا ن يكون ب ف مشتملا على ا ب

بقدر ما يشتمل $\overline{د ر}$ على $\overline{د م}$

ونيف عدد المرات التي يشتملها $\overline{ب ف}$ على $\overline{أ ب}$ و $\overline{د ر}$ على

$\overline{د م}$ بهاتين الطريقتين وهما ان $\overline{ب ف}$ المقسوم على $\overline{أ ب}$

يساوي $\overline{د ر}$ المقسوم على $\overline{د م}$ اعني ان $\overline{ب ف} = \overline{د ر} \cdot \frac{\overline{د م}}{\overline{د م}}$ او نسبة

$\overline{ب ف}$ الى $\overline{أ ب}$ كنسبة $\overline{د ر}$ الى $\overline{د م}$ اعني ان $\overline{ب ف}$

: $\overline{أ ب}$:: $\overline{د ر}$: $\overline{د م}$

وهذا هو الذي يطلق عليه اسم التناسب الهندسي الذي يشتمل دائماً على

نسبتين متساويتين مثل $\overline{ب ف}$ و $\overline{د ر}$ وحيث تكون النسبة

الهندسية الحاصلة بين كميتين هي قسمة الكمية الاولى على الثانية وعكسها هي قسمة الكمية الثانية على الاولى

ويشتمل تناسب $\overline{ب ف}$: $\overline{أ ب}$:: $\overline{د ر}$: $\overline{د م}$ على اربعة

حدود يطلق على كل من حديها الاور والاخير اسم الطرفين وعلى الحدين المحصورين بينهما اسم الوسطين

* (بيان الخاصية الاصلية للتناسب الهندسي) *

خاصية التناسب الهندسي هي ان حاصل ضرب الطرفين في بعضهما يساوي حاصل ضرب الوسطين في بعضهما

ولاجل البرهنة على ذلك يلاحظ في تناسب $\overline{ب ف}$: $\overline{أ ب}$::

$\overline{د ر}$: $\overline{د م}$ ان $\overline{ب ف}$ متساويان لـ $\overline{د ر}$ اذا ضربنا هاتين

النسبتين معاً في $\overline{أ ب}$ و $\overline{د م}$ فان حاصل ضربهما يكونان متساويين

ولكن $\overline{ب ف}$ المقسوم على $\overline{أ ب}$ والمضروب في $\overline{د م}$ ثم في $\overline{د م}$

نسبتان متساويتين وعكسناهما فانهما يسكونان متساويتين ايضا
فان ينتج لنا من نسبة ٣٠ : ٥ :: ٢٤ : ٤ مرة واحدة

$$\frac{٣٠}{٢٤} = \frac{٥}{٤} \text{ و } \frac{٢٤}{٤} = \frac{٣٠}{٥}$$

فاد ان ضربنا حدى معادلة $\frac{٣٠}{٢٤} = \frac{٥}{٤}$ في ٢٤ ينتج معنا ٣٠
 $٤ \times ٢٤ =$

وحيث ان ٥ و ٢٤ هما الوسطان و ٣٠ و ٤ هما الطرفان
كان احد الطرفين مساويا لحاصل ضرب الوسطين في بعضهما مقسوما على
الطرف الآخر

وبمثل ذلك يبرهن على ان كلا من الوسطين يساوى حاصل ضرب الطرفين
في بعضهما مقسوما على الوسط الآخر

فعلى ذلك اذا عرفنا ثلاثة من حدود النسب الهندسي الاربعة فانه يمكن
معرفة الحد الرابع فوراً بواسطة القاعدة التي ذكرناها آنفا وهي قاعدة الثلاثة
وسميت بذلك لانه يعلم منها الحد الرابع بواسطة الحدود الثلاثة

وكثيرا ما تستعمل هذه القاعدة في حسابات الخزائن والتجارة والصناعة
ويشتمل علم الهندسة على قاعدة الثلاثة المذكورة مثلا اذا عرفنا ثلاثة

خطوط مثل (أ) و (ب) و (ث) (شكل ٦) سهل علينا

ان نعرف بواسطتها خطا رابعا كخط د بحيث يحدث (أ) : (ب)

:: (ث) : (د) فنبدأ بوضع (ث) = ح ر في طرف

(أ) = وح ونرسم من نهاية و مستقيم وم في اى اتجاه

كان ومن نقطة و نجعل طول وح = (ب) ونرسم كذلك

ح ح ثم رص موازيا ح ح فينتج حينئذ

$$\text{وح} : \text{وخ} :: \text{ح ر} : \text{ح ض}$$

$$\text{او } (أ) : (ب) :: (ث) : (د)$$

واذا كان الوسطان متساويين فإن الطول أو العدد الذي يدل عليهما يسمى
وسطا متناسبا بين الطرفين مثلا في تناسب ٢ : ٤ :: ٤ : ٨
يكون ٤ هو الوسط المناسب بين طرفي ٢ و ٨
واذا كان المعلوم في علم الهندسة طولين فإنه يسهل علينا استخراج وسطهما
المتناسب وسنبين لك ذلك عاجلا
(بيان المثلثات المتشابهة)

إذا كانت اضلاع مثلثي ا ب ث و ا ر ث (شكل ٧) المتقابلة
متوازية فإنها تكون متناسبة ويكون المثلثان متشابهين فاذن يتحصل
معنا

ا ب : ا ر :: ب ث : ر ث :: ا ث : ا ث ولاجل
البرهنة على ذلك ننقل مثلث ا ب ث من غير أن يتغير اتجاه اضلاعه
بحيث تقع نقطة ر على نقطة ا ث عند ا ث و ب ث الى ان
يتلاقيا في نقطة م فيحصل معنا ا ث = ث م و ث م =
ر ث حيث انهما متوازيان ومحصرة بين متوازيات اخرى

وحيث ان ا ث و ث م و ث م و ر ث متوازيات ينتج

ا ب : ا ر :: ث م = ا ث : ا ث

و ا ب : ا ر :: ب ث : ر ث = ب ث

وبناء على ذلك ا ب : ا ر :: ا ث : ا ث :: ب ث : ر ث

فإذا كان مثلثا ا ب ث و ا ر ث (شكل ٨) متحدي الوضع
والصورة بحيث يكون ا ب عمودا على ا ر و ب ث على
ر ث و ا ث على ا ث فإن هذين المثلثين يكونان متشابهين

وبيان ذلك اننا اذا اردنا مثلث $\overline{ا ر ث}$ بدون تغيير شيء منه من زاوية قائمة حول نقطة $\overline{ا}$ فان $\overline{ا ث}$ يكون موضوعا على $\overline{ا ر}$ في وضع مواز لخط $\overline{ا ب}$ وكذلك يفعل في $\overline{ا ر}$ و $\overline{ر ث}$ فاذن تكون اضلاع مثلث $\overline{ا ر ث}$ موازية لاضلاع مثلث $\overline{ا ب ث}$ ويكون المثلثان متشابهين وبناء على ذلك يكون مثلثا $\overline{ا ب ث}$ و $\overline{ا ر ث}$ متشابهين ايضا وسواء كانت اضلاع مثلثين متناسبة فان زواياهما المتقابلة تكون متساوية ويكون المثلثان متشابهين وبياننا اننا اذا فرضنا انه ليس لمثلثي $\overline{ا ب ث}$ و $\overline{ا ر ث}$ (شكل ٧) نسب اخرى غير هذه وهي

$\overline{ا ب} : \overline{ا ر} :: \overline{ا ث} : \overline{ا ر}$ $\overline{ا ب} : \overline{ا ر} :: \overline{ا ث} : \overline{ر ث}$
فاننا نفرض مثلثا اننا نكملت $\overline{ا ر ث}$ يكون ضلعه وهو $\overline{ا ر} = \overline{ا ر}$ وزيادة على ذلك تكون اضلاعه الثلاثة موازية لاضلاع $\overline{ا ب}$ و $\overline{ب ث}$ و $\overline{ا ث}$ على التناظر وبناء عليه يحصل معنا

$\overline{ا ب} : \overline{ا ر} :: \overline{ا ث} : \overline{ا ر}$ $\overline{ا ب} : \overline{ا ر} :: \overline{ا ث} : \overline{ر ث}$
فاذن يكون $\overline{ا ث} = \frac{\overline{ا ر} \cdot \overline{ا ر}}{\overline{ا ب}}$ و $\overline{ا ر} = \frac{\overline{ا ر} \cdot \overline{ا ر}}{\overline{ا ب}}$ و $\overline{ر ث} = \frac{\overline{ا ر} \cdot \overline{ا ر}}{\overline{ا ب}}$

$\overline{ا ب} : \overline{ا ر} :: \overline{ا ث} : \overline{ا ر}$ $\overline{ا ب} : \overline{ا ر} :: \overline{ا ث} : \overline{ر ث}$
فعلى هذا اذا كان $\overline{ا ر} = \overline{ا ر}$ لزم ان يكون $\overline{ا ث} = \overline{ا ث}$ وان تكون $\overline{ر ث} = \overline{ر ث}$

فاذن تكون اضلاع مثلثي $\overline{ا ر ث}$ و $\overline{ا ب ث}$ الثلاثة متساوية على التناظر وبناء على ذلك يكونان متساويين فاذن تكون زوايا $\overline{ا} = \overline{ا}$

$\bar{ا} = \bar{ر} = \bar{ب} \text{ و } \bar{ث} = \bar{ث} = \bar{ث}$

فحينئذ إذا كانت اضلاع المثلثين متناسبة فإن زواياهما المقابلة للاضلاع المناسبة تكون بخصوص هذا السبب متساوية ويكون المثلثان متشابهين

ومنى كان ضلعا $\bar{ا ب}$ و $\bar{ب ث}$ من مثلث $\bar{ا ب ث}$ مناسبين لضلعي $\bar{ا ر}$ و $\bar{ا ث}$ من مثلث $\bar{ا ر ث}$ وكانت زاوية $\bar{ا} = \bar{ا}$ فإن هذين المثلثين يكونان متشابهين لانهما اذا وضعنا زاوية $\bar{ا}$ على $\bar{ا}$ فإن تناسب $\bar{ا ب} : \bar{ا ر}$ كنسب $\bar{ا ث} : \bar{ا ث}$ يقتضى ان $\bar{ا ث}$ و $\bar{ا ث}$ يكونان متوازيين وعلى ذلك تكون الاضلاع الثلاثة متوازية

ففى (شكل ٦) اذا رسمنا من نقطة $و$ مستقيمتين $و ح ر$ و $و خ ص$ و $و ط ع$ الثلاثة المقاطعة لمتوازي $\bar{ح ط خ}$ و $\bar{ر ع ص}$ تحصل معنا اولا على التوالى بسبب تشابه مثلثي $\bar{و ح ط}$ و $\bar{و ر ع}$ أن $\bar{و ط} : \bar{و ع} :: \bar{ح ط} : \bar{ر ع}$ وثانيا بسبب تشابه مثلثي $\bar{و خ ط}$ و $\bar{و ص ع}$ أن $\bar{و ط} : \bar{و ع} :: \bar{خ ط} : \bar{ص ع}$

فاذن يحصل معنا أن $\bar{ح ط} : \bar{ر ع} :: \bar{ح ط} : \bar{ص ع}$ اعني ان $\bar{ح ط}$ و $\bar{خ ط}$ و $\bar{ر ع}$ و $\bar{ص ع}$ التي هي اجزاء المتوازيين المقطوعين بالمستقيمتين الثلاثة المرسومة من نقطة واحدة تكون متناسبة وعكس هذه القاعدة صحيح ايضا

ويمكن ان نبرهن الآن على ان الشكلين ~~الكثيرى~~ الاضلاع اذا كانت اضلاعها المقابلة متوازية ومتناسبة يكونان متشابهين

فاذا فرضنا مثلان شكلي $\bar{ا ب ث}$ و $\bar{ا ر ث}$ وهما

(شكل ٩) هما اللذان اضلاعهما المتقابلة متساوية ومتوازية فتح ان

ا ب : ا ر :: ب ث : ر ث :: م : ا وتكون الزوايا
المتقابلة المتألفة من خطوط متوازية اثنين اثنين متساوية فاذن زاوية
ر = ب واذا مددنا خطي ا ث و ا ث فكان مثلثا

ا ب ث و ا ر ث متشابهين حيث ان زاوية ب من كل منهما
تساوي زاوية ر المحصورة بين ضلعين متساويين فاذن يتصل ا ب
: ا ر :: ب ث : ر ث :: ا ث : ا ث :: م : ا

واذا مددنا بعد ذلك ا د و ا د فان مثلثي ا ث د و ا ر د
يكونان متشابهين ايضا حيث ان ا ث : ا ر :: ا د : ا د :: ا د : ا د
:: م : ا وان زاويتي ا ث د و ا ر د متساويتان لان
اضلاعهما متوازية فاذن يكون ا د موازيا ا ر

واذا تمادينا على البرهنة المذكورة فاستقسم الشكلين الكثيري الاضلاع الى
مثلثات متشابهة

وبناء على ذلك اذا امكن حل مثلثات متشابهة لمثلثات اخرى امكن بالتدريج رسم
اشكال كثيرة الاضلاع متشابهة لاشكال اخرى ايا ما كان عدد اضلاعها

(بيان بيكار التناسب)

بيكار التناسب (شكل ١٠) هو آلة يستعملونها لتسهيل التحويلات
التناسبية وللعمليات المتنوعة وهو مركب من مسطرتين متساويتين
ومدرجتين على حدسوا

فاذا اردنا تحويل ابعاد شكل من الاشكال الى نسبة خط معلوم كخط ه
الى خط آخر معلوم كخط ف فاستجعل على ضلع ا ب طول ا م
= ه ونعين عدد التدريج المقابل للنقطة م ونجعل نقطة ن التي

يوجد فيها هذا العدد على الضلع الآخر من ييكار التناسب ونجعل بواسطة
 ييكار عادى انقراج صليبه قدر طول ف وبعد ذلك نضع احد ضلعي
 الييكار العادى في م ثم نفتح او نغلق ييكار التناسب حتى تكون مسافة
 م ن مساوية لطول ف فيقيمن من ذلك ان طول ١١ و ٢١
 و ٣١ الخ الموجود على الضلعين يكون مقابلا لابعاد ١ و ١ و ٢
 و ٢ و ٣ و ٣ كما في هذه السب وهي
 ٥ : ف :: ام : م :: ١ : ١ و ١ : ٢١
 ٢ : ٢ :: ٣ : ٣١ الخ

فان يمكن بواسطة ييكار عادى ان نأخذ فوراً الاطوال المحولة وهي ١
 و ١ و ٢ و ٢ و ٣ و ٣ الخ الموافقة لاطوال ١١ و ٢١
 و ٣١

واذا لم يوجد ييكار تناسب فالتا صنع ييكاراً مشابهاً له بان نرسم خطى ا ب

و ا ث (شكل ١١) بالطريقة الآتية وهي ان نرسم خط ا ب

= ٥ ثم نرسم من نقطة ب المعتبرة مركزاً بواسطة انقراج ييكار

ب ث = ف قوس م ث ٥ ونرسم ايضا من نقطة ا

المعتبرة مركزاً قوس ب ث د وكذلك نرسم من نقطة ث التي يقطع

فيها هذا القوس الجديد قوس م ث ٥ الاول خط ا ث فاذا لزم

ان نحول طولاً كطول ا غ في نسبة ٥ الى ف فالتا نرسم من

نقطة ا المعتبرة مركزاً قوس غ ك ثم فيكون بعد تقاطع

غ و ث هو الطول المحول حيث تحصل معنا

٥ : ث :: ا ب :: ب ث :: ا غ :: غ ث

وهذه الطريقة صالحة بالكتابة لتحويل اجزاء القوس الكبير الى الصغير

* (بيان الاشكال الكثيرة الاضلاع المنتظمة المتشابهة) *

كل شكلين كثيرى الاضلاع منتظمين متحدبين في عدد الاضلاع يكونان متشابهين وبيان ذلك انه حيث كانت اضلاع كل واحد منهما متساوية فبالضرورة تكون متناسبة وتكون زواياهما التي لاتتعلق بالطول بل بعدد الاضلاع من جنس واحد فهما

ونسبة محيطى كثيرى الاضلاع المتشابهين الى بعضهما كنسبة الاضلاع البسيطة الى بعضها

ومجرد ازدياد اضلاع كثير الاضلاع يكون الشكل مغايرا قليلا للدائرة التي يكون مرسوما فيها فاذن ينبغي ان تكون الدوائر معتبرة كالاشكال المتشابهة اعنى كالاشكال التي تكون خطوطها المتشابهة الوضع متناسبة ونسبة محيطات الدوائر الى بعضها كنسبة انصاف اقطار هذه الدوائر الى بعضها

فاذا رسمنا في دائرتين شكلين كثيرى الاضلاع منتظمين ومتحدبين في عدد

الاضلاع مثل $ا ب ث د ه ا$ و $ا ر ش ذ ه ا$

(شكل ١٢) كانت نسبة الخطوط المتناسبة فيهما هي $ا ل ا$ نسبة انصاف اقطار الدائرتين وثانياً نسبة اضلاع كثيرى الاضلاع وثالثاً نسبة محيطى كثيرى الاضلاع المذكورين ورابعاً نسبة محيطى هاتين الدائرتين

واذا رسمنا في دائرة (شكل ١٣) قطر $ا و ب$ ثم رسمنا من نقطة ما كنقطة $ث$ من هذا القطر خط $ث ح$ و $د$ و $ا$ على هذا القطر ورسمنا مستقيى $ا ح$ و $ح ب$ فالتا نصنع مثلث $ا ح ب$ القائم الزاوية وهى $ح$ وحينئذ يكون هذا المثلث القائم الزاوية متشابهاً لكل من مثلثى $ا ح ث$ و $ح ب ث$ الجزئين اللذين تركب منهما

ويبان ذلك ان زاوية $\overline{أ ح ب}$ الحادة مشتركة بين مثلثي $\overline{أ ح ب}$ و $\overline{أ ح ث}$ القائمى الزاوية والحادة الاخرى مساوية لزاوية قائمة ناقصة زاوية $\overline{أ}$ فاذن $\overline{ت ك و ن}$ زاويا هذين المثلثين الثلاثة متساوية كل لنظيرتها ويكون هذان المثلثان متشابهين

وكذلك زاوية $\overline{ب}$ الحادة مشتركة بين مثلثي $\overline{أ ب ح}$ و $\overline{أ ب ث}$ المذكورين فاذن يكون هذان المثلثان متشابهين وبمقتضى ذلك يحصل معنا التناسبات الآتية وهى

$$\begin{array}{l} \overline{أ ب} : \overline{أ ح} :: \overline{أ ح} : \overline{أ ث} \\ \overline{أ ب} : \overline{ب ح} :: \overline{ب ح} : \overline{ب ث} \\ \overline{أ ث} : \overline{أ ح} :: \overline{أ ح} : \overline{أ ب} \end{array}$$

فاذن يكون $\overline{أ ب}$ الضلع الصغير اليمين الذى هو $\overline{أ ح}$ من مثلث $\overline{أ ب ح}$ القائم الزاوية وسطا متناسبا بين وتر الزاوية القائمة الذى هو $\overline{أ ب}$ وجزءه الذى هو $\overline{أ ث}$ وهو الجزء الموجود على يسار $\overline{ع و د}$ $\overline{ح ث}$

ثانياً يكون الضلع الصغير اليمين الذى هو $\overline{ب ح}$ وسطا متناسبا بين وتر الزاوية الذى هو $\overline{أ ب}$ وجزءه الذى هو جزء $\overline{ب ث}$ وهو الجزء الموجود على يمين العمود المذكور

ثالثاً يكون $\overline{ع و د}$ $\overline{أ ح}$ وسطا متناسبا بين جزءى وتر الزاوية القائمة اللذين هما $\overline{أ ث}$ و $\overline{أ ب}$

فعلى هذا اذا كان وتر الزاوية القائمة قطر الدائرة وكان $\overline{أ ح}$ نصف

وترعوى على هذا القطر $\text{فان } \text{أ ح} \text{ و } \text{ح ب}$ يكونان وترين آخرين
متساويين من نهاية القطر

ونستخرج من ذلك ثلاث خواص أولا يكون وتر أ ح الموضوع على
الشمال وسطا متناسبا بين قطر أ ب وجرء الذي هو أ ث الموضوع
على شمال نصف الوتر العمودى على هذا القطر

ثانيا يكون وتر ث ح الموضوع على اليمين وسطا متناسبا بين قطر
 أ ب وجرء الذي هو ب ث الموضوع على يمين نصف الوتر العمودى
على هذا القطر ايضا

ثالثا يكون نصف وتر ث ح وسطا متناسبا بين جرءى القطر الموضوعين
على شماله ويمينه

وكثيرا ما نستعمل هذه الخواص في تقويم نتائج الآلات وحركاتها

(الدرس السادس)

(في بيان اخذ مسطح الاشكال المستوية المنتهية)

(بمخطوط مستقيمة او مستديرة)

اذا اردنا قياس المسطحات المنتهية بمخطوط مستقيمة او بمخطوط منحنية فاننا
نجعل وحدة المقياس الشكل البسيط الهين الرسم والقسمة وهو المربع الذى
يكون احدا اضلاعه مساويا لوحدة الطول

وينبغي ان نبين أولا كيف يمكن بواسطة هذا المربع قياس مربع اكبر منه
اعنى كيف يمكن معرفة عدد مرات احتواء المربع الاكبر على الاصغر
فتقول

انه بقدر مرات احتوا ضلع المربع الاكبر على ضلع المربع الاصغر يمكن ان نحدث في المربع الاكبر طبقات متوازية يكون عرضها الضلع الاصغر وطولها الضلع الاكبر لكن تكون كل طبقة مستتلة على المربع الاصغر بقدر مرات احتوا الضلع الاكبر على الاصغر * مثلاً اذا كان الضلع الاكبر محتوياً على الضلع الاصغر عشر مرات فالتقسيم المربع الاكبر الى عشر طبقات عرضها الضلع الاصغر وطولها هذا الضلع مكرراً عشر مرات فاذن تكون كل طبقة مساوية لسطح المربع الاصغر مكرراً عشر مرات * وعشر مرات مضروبة في مثلها هي عدد المربعات الصغيرة المنطروقة في المربع الاكبر ويستدل بذلك البرهنة على انه اذا جعل ضلع اى مربع وحدة الطول كان هذا المربع منطروفاً في مربع آخر يكون مقدار ضلعه

$$٣٦ = ٦ \times ٦$$

$$١ = ١ \times ١$$

$$٤٩ = ٧ \times ٧$$

$$٤ = ٢ \times ٢$$

$$٦٤ = ٨ \times ٨$$

$$٩ = ٣ \times ٣$$

$$٨١ = ٩ \times ٩$$

$$١٦ = ٤ \times ٤$$

$$١٠٠ = ١٠ \times ١٠$$

$$٢٥ = ٥ \times ٥$$

فالاعداد التي هي ١ و ٤ و ٩ و ١٦ و ٢٥ و ٣٦ وهم جرائسي زريعات اعداد ١ و ٢ و ٣ و ٤ و ٥ و ٦ الخ لانهم اتدل على عدد المربعات التي يكون ضلعها وحدة الطول المنطروقة في سطح المربعات التي اضلاعها ١ او ٢ او ٣ او ٤ او غير ذلك والاعداد التي هي ١ و ٢ و ٣ و ٤ الدالة على كمية آحاد الطول المنطروقة في كل ضلع من المربعات سمي جزر هذه المربعات

واذا كان المربع الذي يراد قياسه اصغر من الذي جعل وحدة القياس فانه ينبغي تقسيم هذا المربع الاخير الى قسمات ثانوية بمعنى ان اضلاعه تقسم الى عشرة اجزاء متساوية ويصنع مائة مربع صغيرة متساوية كل واحد منها

يمكن جعله وحدة القياس فاذا كانت هذه الوحدة كبيرة فانها تقسم ايضا الى اجزاء من مائة مضروبة في مثلها الى عشرة آلاف جزء من الوحدة الاصلية وهم جرا (راجع في الجلد الثاني الدرس الذي يذكر فيه الاقيسة)

وبعد تحديد مسطح المربع المأخوذ من فردا ينبغي انان تركيب المربعات اثنين اثنين وتقول كيف يؤخذ من علم الهندسة بيان مجموع ما اوتفاظم ما اعنى كيف يمكن عمل مربع يكون سطحه مساويا لمجموع مربعين معلومين اوتفاظما

مثلا اذا فرضنا ان AB (شكل ١) و CD (شكل ٢) هما المربعان المعلومان فلتا رسم مثلثا قائم الزاوية بحيث تكون زاويته القائمة التي هي $ص$ (شكل ٣) محصورة بين ضلعي $س ص = م د$ و $ص ز = ا ب$ واذا رسمنا مربعين آخرين بواسطة ضلعي $س ص$ و $ص ز$ فنحصل معنا $س ص - س ز = م د$ و $ص ز = ا ب$ فنقول حينئذ ان مربع $س ز ه ف$ الاكبر المرسوم على ضلع $س ز$ يساوي مجموع المربعين المعلومين

وقد بينا في الدرس الثاني اننا اذا انزلنا في مثلث قائم الزاوية كنكث $س ص ز$ (شكل ٣) من الراوية القائمة بعمود $ص ع$ على الضلع الاكبر فانه يتحصل معنا $س ع : س ص :: س ص : س ز$ وينتج من ذلك ان $س ص$ مضروبة في $س ص$ $= س ص \times س ز = س ع \times س ز$ و $ز ع : ز ص :: ز ص : ز ص$ وينتج منه ايضا ان $ز ص \times ز ص = ز ص \times ز ع$

فأذن يكون $س ص + ز ص$ أي مجموع مربعي $س ص$ -
 $و ز ص$ ثلث مساويا $س ع + ز ع$ أي $س ز$
 \times $س ز$ الذي هو قياس مربع $س ز$ هـ وحيث أن يكون المربع
 الأكبر مساويا لمجموع المربعين الآخرين

وبناء على ذلك يكون المربع المرسوم على الضلع الأكبر في مثلث قائم الزاوية
 مساويا لمجموع المربعين الآخرين على الصلعي الآخرين
 فإذا اردنا عمل مربع مساو لتفاضل مربعين آخرين فالتأمنع مثلثا قائم
 الزاوية يكون ضلعه الأكبر $س ز$ (شكل ٣) وهو ضلع المربع الأكبر
 ويكون احد ضلعيه الآخرين $س ص$ وهو ضلع المربع الاخير المعلوم
 فيكون ضلع $س ز$ الثالث من المثلث القائم الزاوية هو ضلع المربع
 المطلوب المساوي لتفاضل المربعين الآخرين حيث أنه بانساقته الى المربع
 الاصغر يكون مساويا للمربع الأكبر

مثلا اذا لاحظنا ان $٣ \times ٣ = ٩$ وان $٤ \times ٤ = ١٦$ وان
 $٥ \times ٥ = ٢٥$ وان $٩ + ١٦ = ٢٥$ رأينا ان
 ٤ و ٥ هي اضلاع المثلث القائم الزاوية ويستعمل ارباب الصناعة
 في الغالب هذه الخاصية لتزويل مستقيم $س ص$ (شكل ٣) عمودا
 على مستقيم آخر مثل $س ص$ فيقسمون $س ص$ الى ثلاثة اجزاء
 ثم يأخذون من هذه الاجزاء $س ر = ٤$ و $س ز = ٥$ ويقيمون
 مثلث $س ص ز$ الذي يكون فيه $س ز$ هو العمود المطلوب
 ولنقص الآن سطح الاشكال التي تختلف كثيرا عن شكل المربع
 فنقول

ان سطح المستطيل يساوي حاصل ضرب القاعدة في الارتفاع
 ولانبات ذلك تقسم $م ح$ (شكل ٤) الى اجزاء مساوية لضلع

اب الذي هو من مربع اب د ث المجمعول وحدة القياس فاذا
 مددنا من ق ط التقسيم خطوطا مستقيمة موازية لخط م ن فانها
 تقسم المستطيل الى طبقات طولها م ن وعرضها ك عرض المربع
 وكل طبقة منها تحتوى على مسطح مربعات اب د ث بقدر احتواء
 م ن على اب و بناء على ذلك اذا عبر عن خط م ن بالاعداد
 وكان اب هو وحدة القياس فانه يستدل على عدد مربعات
 اب د ث الذي يحتوى عليه مستطيل م ن ح ح بقا عدة
 م ن مضروبة في ارتفاع م ح

وقد يلزم في القنون غالباً على مربع يكون سطحه مساوياً للسطح مستطيل
من ح ح خ وكذلك نصل اطراف ضلعي م ح و م ن (شكل ٥)
بعضها ونرسم على مجموعها المعتبر كاقطر نصف دائرة ونقيم من نقطة م
عمود م ر على قطر ح ن ونعد هذا العمود الى محيط نصف الدائرة
فيتحصل معنا (بموجب الدرس الخامس)

خ م : م د : م ن و بیج من ذلک ان خ م
 \times م ن = م د

وحيث يكون المربع المرسوم على $م د$ مساويا للمستطيل $م ن ح خ$ حيث ان قياس سطحهما واحد

وسطی متوازی اضلاع $LMNF$ (شکل ۶) یسوی حاصل
شرب قاعدہ فی ارتفاع

ولا يثبت ذلك عند من تقطعت م و ن عودى م خ و ن ح
على م ن الى و ل ح فيكون مثلثا م خ ل و ن ح و
م ن و يبين لان م خ = ن ح (كتوازي بين محصور بن بين

متوازيين آخرين) ولان الزوايا المتقابلة متساوية ايضا وحيت اذا ما بلنا

مستطيل م ن ح ح بمتوازي اضلاع م ن و ل رأينا ان هذا

المستطيل يساوي متوازي الاضلاع ب زيادة مثل ل م خ ونقص

مثلث ن و ح وبناء على ذلك يكون سطح متوازي الاضلاع ك سطح

المستطيل مقياسا بماصل ضرب قاعدته وهي م ن في ارتفاعه وهو

ح ن

وقد بينا لنا ان تجميع ضرب الارقام الالية سطح المستطيل او متوازي

الاضلاع الذي يعبر عن ضلعيه بالاعداد التي لا تتجاوز عشرة وهاك الارقام

المذكورة

١٠	٩	٨	٧	٦	٥	٤	٣	٢	١
٢٠	١٨	١٦	١٤	١٢	١٠	٨	٦	٤	٢
٣٠	٢٧	٢٤	٢١	١٨	١٥	١٢	٩	٦	٣
٤٠	٣٦	٣٢	٢٨	٢٤	٢٠	١٦	١٢	٨	٤
٥٠	٤٥	٤٠	٣٥	٣٠	٢٥	٢٠	١٥	١٠	٥
٦٠	٥٤	٤٨	٤٢	٣٦	٣٠	٢٤	١٨	١٢	٦
٧٠	٦٣	٥٦	٤٩	٤٢	٣٥	٢٨	٢١	١٤	٧
٨٠	٧٢	٦٤	٥٦	٤٨	٤٠	٣٢	٢٤	١٦	٨
٩٠	٨١	٧٢	٦٣	٥٤	٤٥	٣٦	٢٧	١٨	٩
١٠٠	٩٠	٨٠	٧٠	٦٠	٥٠	٤٠	٣٠	٢٠	١٠

فالمطر الثاني دال على سطح المستطيلات او على متوازيات الاضلاع

التي تكون ارتفاعاتها مساوية لعدد ٢ وقواعدهما مساوية لعدد

١ و ٢ و ٣ و ٤ والمطر الثالث دال على سطح المستطيلات

او على متوازيات الاضلاع التي تكون ارتفاعاتها مساوية لعدد ٣

وقواعدهما مساوية لعدد ١ و ٢ و ٣ و ٤ وهم جرا وينبغي ان

يكون

يكون عند ارباب الصناعة جدول كهذا الجدول سلق في ورشهم ومصانعهم
ويجب عليهم حفظه في اذهانهم حيث ان هذه المعرفة لازمة لعمل ادنى
شرب

ومسطح كل مثلث مثل Δ ABC (شكل ٧) يساوى نصف حاصل
ضرب قاعدته في ارتفاعه

وبيان ذلك اتنا اذا رسمنا خط CD موازيا لخط AB وخط AD
موازيا لخط BC فان المثلث الجديد الذى هو Δ ADC يكون
مساويا للمثلث الاول الذى هو Δ ABC الا انه يتألف من
 Δ ABC متوازي الاضلاع الذى يكون سطحه مساويا لخط AB
الذى هو قاعدة مثلث Δ ABC مضروبة في ارتفاعه وهو h
فان يكون نصف هذا الحاصل مساويا لسطح المثلث

وحيث انه يمكن دائما تقسيم اى شكل منته بخطوط مستقيمة الى مثلثات
فانه يحصل معنا فور مساحة سطح كل شكل كثير الاضلاع منتظما كان
او غير منتظم وحيث كانت مساحة كل مثلث مساوية لنصف حاصل ضرب
قاعدته في ارتفاعه نشأ عن مجموع حواصل الضرب مساحة السطح المطلوب
وهذه العملية هى احدى العمليات التى تجعل معرفة المثلثات مهمة جدا
في علم الهندسة خصوصا في اخذ مساحة الاراضى ولنبدا الآن هذه العملية
في مساحة شبيهه المنحرف فنقول

سطح شبيهه المنحرف يساوى نصف مجموع قاعدتيه مضروبا في ارتفاعه
وذلك ان شبيهه منحرف Δ ABC (شكل ٨) الذى ارتفاعه
 h ينقسم بخط AD الذى هو قطر الشكل الى مثلثي Δ ABD
و Δ ADC الا ان مساحة احدهما $\frac{1}{2} AB \times h$ والثاني

$\frac{1}{4}$ د ث \times م \div فيكون مجموع هذين الحاصلين نصف $\overline{أ ب}$
 $+ \overline{ش د}$ مضروباً في م \div وهذا كيفية وضعها $\frac{1}{4}$
 $(أ ب + ش د) م \div$

فإذا تحصل معنا هذا الحاصل وجدنا على القود مربعاً مكافئاً للثبته
 المنحرف بان قيس $\overline{أ ب} + \overline{ش د}$ (شكل ٢٨) الذي يستدل
 عليه بخط م ن المنفرد (شكل ٥) ونجعل م ح $= \frac{1}{4}$
 م ونرسم نصف دائرة ح ز ن فيصير عمود م ر هو ضلع
 المربع المطلوب
 وسطح كثير الاضلاع المنتظم يساوي نصف محيطه مضروباً في بعد مركزه
 عن احد اضلاعه

وبينه اننا اذا مددنا من نقطة و التي هي مركز كثير اضلاع $\overline{أ ب ث د}$
 الخ الى الروس الاخر (شكل ٩) خطوطاً مستقيمة فالتساوي تقسم هذا
 الشكل الى مثلثات متساوية مثل $\overline{أ و ب}$ و $\overline{ب و ث}$ و $\overline{ث و د}$
 وهلم جرا فإذا كان و م هو بعد المركز عن كل ضلع وكان عين ارتفاع هذه
 المثلثات كان قياس كل مثلث منها $\frac{1}{4} \overline{أ ب} \times و م$ و قياس المسطح
 الكلي $\frac{1}{4} (\overline{أ ب} + \overline{ب ث} + \overline{ث د} + \dots)$ وهلم جرا و م اد
 $\frac{1}{4} (\overline{أ ب ث د الخ}) و م$

وكثير الاضلاع المنتظم بغير الدائرة التي يكون مرسوماً في داخلها تغييرا
 اقل من ازدياد عدد اضلاعه فإذا ضاع عدد الاضلاع على قدر الكفاية كان
 الفرق اقل من كل كمية مفروضة فاذن يمكن اعتبار الدائرة كشكل كثير
 الاضلاع له من الاضلاع الصغيرة عدد جسيم بحيث لا يكون عمود و م

مغاير ابكمية معلومة لنصف قطر OA واذن يثبت المطلوب
وبناء عليه يكون سطح الدائرة مساويا لمحيطها مضروبا في ربع قطرها ونصف
محيطها مضروبا في نصف قطرها

(بيان استحالة تربيع الدائرة)

يسهل علينا بواسطة الحل المبين في (شكل ٥) احداث مربع يكون
سطحه مساويا لسطح دائرة معلومة اذا امكن احداث خط مستقيم طوله
مساو مع الضبط لمحيط الدائرة التي يكون نصف قطرها معلوما الا انه يمكن
تحصيل قياس اي خط مستقيم مع الضبط فكذلك احداث مربع مكافئ
للدائرة (وهذا هو المسمى بتربيع الدائرة) وهذا المسئلة من جملة المسائل التي
يستحيل حلها مع الضبط وينبغي ان لا يصرف التلامذة زمانهم واذهانهم
في الامور التي لا ينجحون فيها

ويمكن ان نبين بالاعداد التقدير المقارب لمحيط الدائرة وسطحها بان نشير الى
القطر بعدد

١٠٠ و ١٠٠٠ و ١٠٠٠٠ و ١٠٠٠٠٠ وعلم جراوا الى
المحيط بعدد

٦٢٨ و ٦٢٨٣ و ٦٢٨٣١ و ٦٢٨٣١٣ وان السطح بعدد
٣١٤ و ٣١٤١ و ٣١٤١٥ و ٣١٤١٥٦ الخ

واذا اكتفينا عن سطح الدائرة الكلي بسطح قطاع الدائرة وهو AOB
(شكل ٩) الذي يكون قوسه نصف المحيطة او ثلثه او رבעه الخ رأينا ان
هذا القطاع يكون ايضا نصف سطح الدائرة او ثلثه او رבעه وهم جراوا بكفي
لتحصيل قياسه ضرب ربع القطر في طول قوس AOB المحصور بين
ضلعي OA و OB فاذا طرحنا من هذا الحاصل حاصل ضرب
 $\frac{1}{4} AB \times OM =$ لسطح مثلث OAB فانه يحصل معنا
سطح قطعة الدائرة وهي AOB

(بيان مماثلة سطح الاشكال المتشابهة لبعضها)

اولا نذكر مماثلة المثلثات لبعضها نقول

نسبة سطح كل مثلثين متشابهين تساوى نسبة تزييع خطين من الخطوط المتقابلة او المناظرة مثلا اذا فرضنا ان مثلثي **اوب** و **اود** (شكل ١١) اللذين قاعدتهما تساوى نصف ارتفاعهما فان احدهم ربعي

ا ب ث د و **ا ر ث د** المرسوم على قاعدتهما المعتبرة ضلعا يكون مساويا لهما في السطح فاذا نقصت الارتفاعات اوزادت بالتناوب وكانت القاعدة باقية على حالها حدث مثلثات متشابهة كلتي **س ا ب**

و **س ا ر** اللذين يقص سطحهما او يزيد في نسبة واحدة عند ما تكون قاعدتهما واحدة وبناء على ذلك اذا كانت نسبة السطوح مدلولها عليها من

مبدء الامر بمربعي القواعد اللذين هما **ا ب ث د** و **ا ر ث د** فان هذه النسب تكون على حالة واحدة في جميع الاحوال

ويمكن تقسيم سائر الاشكال المتشابهة الى عدد واحد من المثلثات المتشابهة التي تكون نسبتها لبعضها كنسبة مربعي خطين متقابلين فاذا ثبت المطلوب

ونسبة سطوح الاشكال المتشابهة (المنتهية بخطوط مستقيمة) الى بعضها كنسبة المربعات المرسومة على خطين متقابلين متناظرين الى بعضها

فلذا اذا كان كثير الاضلاع اللذان هما **ا ب ث د ه ف ا** و **ا ر ث د ه ف ا** (شكل ١٢) متشابهين فان نسبة سطوحهما تكون كنسبة مربعي **ا ب م ن** و **ا ر م ن** المرسومين على ضلعي **ا ب** و **ا ر** المتقابلين

وكذلك يبرهن على ان سطوح الدوائر التي هي اشكال متشابهة تكون مناسبة للمربعات المرسومة على انصاف اقطارها او على اقطارها المعتبرة كالاضلاع

واستعمال هذه التناسبات سهل في الغالب وذلك لان سطح الدائرة التي نصف

قطرها يساوى الوحدة لا يمكن التعبير عنه ولو على وجه التقريب إذا اردنا ضبطه ضبطا واحدا إلا بأعداد مبهمه غيراته يمكن معرفة نسب السطوح في العادة مع السهولة التامة

ولنذكر هنا خاصيتين عظيمتين في شأن سطح الاشكال كثيرة الاضلاع المنتظمة والدوائر بدون ذكر برهنتها لان هذه البرهنة مبنية على قواعد علمية متينة جدا نقول

احدهما ان جميع الاشكال الكثيرة الاضلاع المتساوية في المحيط وعدد الاضلاع اكبرها سطحها هو كثير الاضلاع المنتظم الثانية انه عند تساوى محيطات الاشكال كثيرة الاضلاع المنتظمة يكون اكبرها سطحها هو الذى يكون عدد اضلاعه اكثر فحينئذ يكون لجميع الاشكال المركبة من الاضلاع المستقيمة او المنحنية سطح اقل من سطح الدائرة

(بيان اجراء العمالية)

لا بد من معرفة الخاصيتين المذكورتين في تنظيم عدة من القنون فكمية الرصاص التى ينبغى استعمالها في تركيب الزجاج القديم ذى المسافة المحدودة تكون قليلة جدا فإذا كان عدد اضلاع الزجاج معلوما كانت اشكالها منتظمة

وكذلك إذا اقتضى الحال عمل مجار للمياه او للغاز او غيرهما ولزم لهذه المجارى ان تفتح طرقا لمقدار معلوم من السائل فان كمية الخشب او المعدن المستعملة لهذه المجارى تكون قليلة جدا إذا كانت تلك المجارى مستديرة

وإذا كان المطلوب في فن المباني ارتفاع العمارة ومحيطها وكذلك امتداد اسوارها الخارجية فان المسافة التى يمكن احاطتها بكمية واحدة من البناء تكون كبيرة جدا كلما قرب شكل العمارة من شكل كثير الاضلاع المنتظم او من كثير الاضلاع الذى يكون عدد اضلاعه كثيرا

ولنتكلم الآن على السطح غير المنتهى من المستوى الذى رسمنا عليه الاشكال المتنوعة التى ذكرنا قياسها آنفا فنقول متى كانت نقطتان من المستقيم على المستوى فانه يكون موجودا بتمامه على هذا المستوى وتستعمل هذه الخاصية فى القنون لرسم سطوح مستوية وقطع مسافات مستوية ايضا

(بيان اجراء العملية فى صناعة الصينى)

اذا اردنا كما فى فن صناعة الصينى ان نحدد قطعة من الارض ونجعلها على صورة سطح مستو فالتأضع شاخصين متوازيين او بروزا مستويا مثل م ن ح ح (شكل ١٣) ثم نتقدم مع التوازي بواسطة مسطرة

ض ط انقائمة المستندة على شاخصى م ن و ح ح ونصل او نمصر جميع الارض البارزة فوق المستوى الما تى بشاخصى م ن و ح ح ولا يلزم ان يكون بروز م ن ح ح مركبا من مستقيمتين متوازيتين مثل م ن و ح ح و م ح و ن ح وانما يمكن تلاقى هذه المستقيمتين اثنتين اذا اريد امتدادها (بيان اجراء العملية فى قطع الاوتاد)

للمناشير المعدة لقطع الاوتاد على موجب مستواقى معلوم الانخفاض تحت الماء حركة منتظمة بشاخصى م ن و ح ح (شكل ١٣) اللذين هما على بعد واحد من المستوى الافقى الذى تقطع عليه رؤس الاوتاد ويكون منشار ض ط خطا مستقيما معترضا مد لولا عليه بخط ص ن ط الموازى له وحيث كان هذا الخط الموازى على بعد واحد من المنار و كان مسدودا ببرواز ض ط ض ط القائم ومستند على شاخصى م ن و ح ح فان المنشار يرسم مستويا مثل م ن ح ح موازيا لبرواز م ن ح ح

ولا جل ان يمد المنشار لواح من الخشب ويصلحه ويساويه يستعمل التسمية الفارة ويبدأ بصب اطراف هذا اللوح اعنى انه يصيرها مستقيمة بواسطة

القارة التي خشبها مستقيم وحديد هايزيل جميع ما هو بارز على هذا اللوح
ليحصل الاتحاد بين اللوح المذكور وخشب القارة ثم يسمح بهذه الآلة مع المرور
من الجهة المنتهية الى الاخرى لرسم جملة من الخطوط المستقيمة المتوسطة
المارة بخطوط الاطراف

ثم ان نشار الطول والتجار يعينان فوق الخشبة التي يريد اصلاح جهة منها
وكذلك تحتها رسم المستوى المراد عمله ثم يوجه النشار منشاره والتجار فادومه
على هذين الرعين

والى الان لم نعتبر الامتويا واحدا وخطوطا مرسومة عليه فلنقابل بالتوالي
المستوى مع الخطوط التي لا تكون كلها مظلوفة فيه وتقابل ايضا عدة
مستويات يعرضها فنقول انه يمكن ان يكون الخط المستقيم عمودا او مائلا على
مستوى معلوم او موازيا له

فاذا فرضنا ان **أ ب** (شكل ١٤) هو الخط القصير الذي يمكن مده من
نقطة **أ** على مستوى **م ن ح** فبناء على ذلك يكون ذلك الخط
اقصر خط يمكن مده من نقطة **أ** المذكورة على اى خط مستقيم مرسوم
في المستوى فاذن يكون هذا الخط عمودا على مستقي **ب هـ**
و ب ف المرسومين على المستوى من موقع **ب** من هذا العمود
فيقال حينئذ ان مستقيم **أ ب** هو العمود على مستوى
م ن ح

وبناء على ذلك يكون اولا العمود الممتد من اى نقطة على اى مستو كان هو
اقصر بعد بين النقطة والمستوى وثانيا يكون عمودا على سائر الخطوط
المرسومة من موقعه في المستوى المذكور

وبالجملة اذا اخذنا مسطرة مثلثة لتديرها على احد ضلعي زاويتها القائمة
فان الضلع الاخير يرسم بالضرورة مستويا

ويستعملون هذه الخاصية الهندسية الاخيرة في تركيب الآلات المأخوذة
من علم النظر لعلى الهيئة والملاحة وغيرها

وحيث كان **أ ب** (شكل ١٤) عمودا على مستوى **م ن ح ح**
فان كل خط مثل **أ د** او **أ هـ** يمتد من نقطة **أ** على احد خطوط

د ب ف المرسوم على المستوى يكون ما تلا بالنظر للخط والمستوى
وعلى ذلك يكون كل ماثل من ماثل **أ د و أ هـ** بالنظر للسطح والخط
المستقيم اطول من عمود **أ ب** وكلما تباعد عنه كبر طولهما
واذا فرضنا اننا مددنا من نقطة **أ** سائر الخطوط المائلة التي يمكن مدها

على مستقيم **د ب ف** المرسوم على المستوى والملا بموقع **ب** من
العمود فان كل نقطة مثل **د و ف** وغيرهما من مستقيم

د ب ف ترسم دائرة في مستوى **م ن ح ح** ونصير نقطة
كل دائرة على بعد واحد من نقطة **أ** التي هي من العمود المذكور

ويطلق اسم محور الدائرة على العمود النازل على مستوى هذه الدائرة الممتد
من المركز فان يكون هذا المحور عمودا على سائر انصاف اقطار تلك
الدائرة

وقد يكون محور العجلة عمودا على مستويها وبناء على ذلك اذا دارت هذه
العجلة على محورها فان كلا من نقطتها يتحرك بدون ان يترك هذا المستوى
وعلى هذا لا يتغير موضع العجلة بالنسبة للاشياء المكتنفة بها وانما تأخذ نقطتها
المتنوعة مواضع بعضها

وقد بنى على هذه القاعدة الهندسية حركة ابحار الطاحون فجعلوا حجرين على
محور واحد فصارت اوجههما المستوية عمودية على هذا المحور فكانت بذلك
موازية لبعضها وكان احد هذين الحجرين يملك ثابتا بخلاف الآخر فانه يكون
متحركا على هذا المحور والان العجلة المتحركة حين تدور بحيث يكون وجهها
المستوى الاسفل يدور معها وتكون حركته على نفسه تمكث دائما على بعد
واحد من الوجه المستوي الاعلى للعجلة الثابتة فعلى ذلك اذا كان بعد هذه
العجلات منتظما بحيث لا يمكن لحبوب البر المرويين الحجرين من غير ان تطعن

فان الطعن حينئذيم سائر النقط الموجودة بين الحجرين
وفي ذلك فائدة عظيمة ويلزم مزيد الضبط في اجراء عملية الآلات فاذا كان
نوازي العجلات غير تام وكان عمود الحجر المتحرك غير عمودي على مستوى هذه
العجلات بل كان له ميل قليل عند تحركه ذات اليمين وذات الشمال فان مستوى
الحجرين لا يمكن ان دائم على بعد واحد في جميع هذه الصور واذا تقاربت
الاجزاء تقارب باكيا من بعضها وبلغ الطعن الغاية في الشدة ترتب على ذلك
نخوة المحبوب وتلفم بخلاف ما اذا لم تقارب الاجزاء قربا مناسبا فانه يتعذر
طحن الحب ويكون دوران العجلات خاليا عن الفائدة فإعادة الضبط في هذا
الشان اولى من مراعاة الزينة والازخرفة واتباع ما نسوله النفس في ذلك
من الامور فهذا الشرط لا بد منه في نجاح العملية

(بيان عملية خراط الاجسام)

قد تكون الخواص التي ذكرناها انما مستعملة في الفنون لرسم الدوائر بواسطة
المخرطة وهي آلة ذات تقطين ثابتين يعلق فيها الجسم الذي يراد خراطه
فاذا وضعنا هذه الآلة الحادة وضعنا ثابتا وادنا الجسم فانها ترزبل اجزاء
الجسم البارزة وترسم فيه دائرة يكون محورها الخط المستقيم المار بتقطينها
الثابتين ويكون مركزها ايضا على هذا الخط المستقيم
فاذا فرضنا ان حد الآلة يتقدم في الرسم بالتدريج على صورة خط عمودي
على هذا الخط المستقيم فان جميع الدوائر التي ترسم بالتوالي بواسطة الحد
المذكور تكون موضوعة على مستو عمودي على المستقيم المذكور المار
بطرفي المخرطة ولذا يمكن استعمال هذه المخرطة في رسم اي مستو كان وهذه
هي الطريقة المستعملة في معامل الآلات التي يحتاج فيها لقطع السطوح
المعدنية او اطراف الاسطوانات التي ينبغي تحوير اطرافها على بعض ماع غاية
الضبط على ما تقتضيه صورة المستوى

* (بيان استعمال الآلة التي ابتدعها برامة في شان) *

* (قطع السطوح المستوية) *

كان برامة المذكور يدبر حول محور منتصب ثابت بعجلة اقصية محتوية على عدة آلات حادة وجميع هذه الآلات لا تبرز مع التساوى تحت مستوى الدائرة وانما تجتمع خمسة اوتة وتبرز بالتدريج وقد تكون قطعة الخشب المراد اصلاحها موضوعة على عجلة اقصية تتقدم وتقررت العجلة ذات الآلات الحادة فحدود كل جلة من الآلات المذكورة تخرط قضعة الخشب بحيث يكون اقل تلك الآلات بروزا يخرط الخرطة الاولى المقورة بالتدريج بواسطة الحدود الاربعة والخمسة من كل جلة وبعد ذلك تكون القطعة المستمرة في التقدم مصلحة الجزء التالي بواسطة جلة اخرى ذات خمسة حدود وازمنة فذا حدثت الآلات الحادة المنتشرة على محيط العجلة في قطعة خشب الحزوز الضيقة جدا فان القارة الثابتة على العجلة والمساوية في الارتفاع للآلات الحادة البارزة كثر منها غمر على قطعة خشب التي رسمها الآلات المذكورة وتزيل تعريجات هذه الخطوط وبذلك يتم تهيد قطعة الخشب واصلاحها

وكل خطين عمودين مثل $أ ب$ و $ش د$ (شكل ١٥) على مستوي واحد مثل $م ن ح ح$ يكونان متوازيين ولاجل البرهنة على ذلك نعلم من $ب$ و $د$ النقطتين هما موقعا هذين العمودين مستقيم $ب د$ على المستوى ثم نقيم على هذا المستوى من منتصف $ب د$ وهو $و$ عمود $ه و ف$ فاذا جعلنا $و ه = و ف$ كانت نقطتا $ب$ و $د$ على بعد واحد من $ه$ و $ف$ وزيادة على ذلك يكون كل من نقطتي $أ$ و $ش$ من خطي $أ ب$ و $ش د$ العمودين على مستوى $م ن ح ح$ على بعد واحد ايضا من نقطتي $ه$ و $ف$ ويبان ذلك انما اذا مدنا ما تلى $ف د$ و $ه د$ وكان هذان المائلان على بعد

واحد من عمود $ود$ على $هوف$ فانهما يكونان متساويين وكذلك اذا كانا مثل $ه$ و $ث$ على بعد واحد من عمود $ن$ من المستوى فانهما يكونان متساويين ايضا وبالجملة فعلى ما ذكر يكون خطا $ه$ و $ا$ متساويين فلذلك ينتسب كل من عمودى $ا$ ب و $ث$ د الى المستوى المفرد المحتوى على سائر النقط التى على بعد واحد من نقطتى $ه$ و $ف$ الثابتتين وبناء على ذلك يكون كل من خطى $ا$ ب و $ث$ د العمودين على مستقيم واحد مثل $ب$ د موجودا على مستوي واحد ويكونان ايضا متوازيين

ثم ان السطح الافقى هو الذى يستدل عليه بالمياه الراكدة بالابتداء من اى نقطة من هذا السطح ويطلق على العمود النازل على هذا المستوى اسم المنتصب فبناء على ذلك تكون سائر الخطوط المنتصبة متوازية بالنظر لمستوى افقى معلوم

والشا قول هو خيط مقبوض على احد طرفيه باليد او مربوط فى نقطة ثابتة وبطرفه الاخر قطعة رصاص فاذا استقر هذا الخيط استقر اراما كان له اتجاه منتصب المكان الذى يكون فيه الانسان وعلى ذلك فيمكن استعماله ليعرف هل الخط او المستوى الذى هو $س$ ص (شكل ٦ مكرر) افقى ام لا ولذا يستعمل البنائون مثلثا مثل $ه$ ا و $ث$ و يطلقون عليه اسم آلة

التسوية وهى مركبة من ضلعي $ا$ ه و $ه$ ث المتساويين ومن عارضة $ع$ س التى يكون منتصفها وهو $و$ موجودا على مستقيم $ه$ و $ب$ العمودى على $ا$ ب فاذا كان $ا$ ب ث اقصيا فانه ينبغي حين وضعه فوق آلة التسوية وتعيين الشا قول فى نقطة $ه$ ان يمر هذا الخيط $ع$ و $س$ فى نقطة $و$ المينة بالعلامة

وتسمى المستويات المنتصبة باسم المستويات المحتوى سطحها على المنتصب

بتمامه فاذا مددنا خطا منتصباً من نقطة اى مستوكان فانه ينبغي ان يكون موضوعاً بتمامه في ذلك المستوى حيث انه مواز للمنتصب الاول الموضوع على المستوى المذكور

والمستويان المنتصبان يتقاطعان بالضرورة بواسطة مستقيم منتصب حيث انه يلزم ان يكون المنتصب المتمدن النقطة المشتركة بينهما موجوداً بتمامه على كل من المستويين ويكثر استعمال المستويات الاقية والمنتصبة والخطوط المنتصبة في عدة من الفنون لاسيما ما يتعلق منها بالعمارات وكذلك تكون في مساكن القرى الارضيات والسقوف والتهامات اجار الخت والطوب الاحمر من اسفلها واعلاها في الجدران العادية على اشكال مستوية اقية

واما مستويات الجدران الخارجية والداخلية والحوارج فهي مستويات منتصبة وكذلك الاضلاع التي تتكون من الجدران وجهان الابواب والشبابيل وغيرها فهي منتصبة الشكل لانها توجد كلها على مستويين منتصبين

وقرض في رسم الهندسة الوصفية وقطع الاجار والاشباب والمباني من حيث هي ان الرسم الاول يعمل على مستوائين والثاني على مستوي منتصب واذا كان المستوى المذكور خارج العمارة يطلق عليه اسم الارتفاع واذا كان مائلاً يسمى بالقطع

واذا مر خط مستقيم بنقطتي A و B (شكل ١٦) اللتين على بعد واحد من مستوى ABC فان جميع النقط الاخرى من هذا المستقيم وهو AB تكون ايضا على بعد واحد من هذا المستوى

ويبان ذلك انما اذا سدنا من AB متوازيات AB و CD و EF عمودية على مستوى ABC فانه ينتج معنا عند رسم مستقيم DEF في هذا المستوى ان $AB = EF$

== شاد مهما كان وضع نقطة ه

ويتألف من مجموع هذه المستقيمات النازلة من نقطة أ (شكل ١٦) العمودية على اب مستوفاذن يكون اب مقياس ابعاد سائر نقاط هذا المستوى من مستوى م ن ح ح وحيثذ يكون المستويان العمودان على مستقيم اب المذكور على بعد واحد من بعضهما وكذلك اذا كان خطا اب و شاد عمودين على احد المستويين فانهما يكونان عمودين على المستوى الاخر ويقيسان اقصر بعد بين هذين المستويين

واذا تلاقى مستويان مثل ن ح ح ح و ن ح ح ح فانهما يتقاطعان في مستقيم ن ح

وبيان ذلك اننا اذا مدنا من قطعتين من قطع التلاقى كنقطتي ن و ح مستقيما فانه ينبغي ان يكون هذا المستقيم تمامه على المستويين المحتويين على هاتين النقطتين وبناء على ذلك يكون هذا الخط مشتركين هذين المستويين

واذا فرضنا ان مستوى ن ح ح ح م يكون مائلا قليلا او كثيرا على ن ح ح ح ح فانه يحصل معنا زاوية صغيرة او كبيرة مضمرة بين مستويي ن ح ح ح م و ن ح ح ح ح وهالكيفية قياس هذه الزاوية

وهي ان نعد (شكل ١٧) في المستوى الاول خط ش ا وفي الثاني ش ب عمودين على مستقيم ن ح المشترك بين المستويين ويستدل على الزاوية المتكوّنة من هذين المستويين بالزاوية المتكوّنة من المستقيمين المذكورين

واذا فرضنا ان مستوى ن ح ح ح م يدور حول ن ح كدور حول اي محور كان فان كلا من قط هذا المستوى يرسم دائرة ويجوب

المستوى نفسه سائر المسافة الموجودة حول المحور اذا قطع كل من نقط محيط
الدائرة بتمامه واذا قسمنا هذه المسافة المقطوعة اذ اجزاء متساوية فان كل
نقطة نرسم في كل جزء عددا واحدا من الدرجات وحيث قد يكون هذا العدد

مع هذا قياس زاوية المستويين الدائريين حول ن ح

وقد يعمل صناعات آلات العلوم الرياضية للمنجمين والملاحين ومهندسي
الجغرافيا آلات تقاس بها الزاوية الحادة من مستوع آخر وتكون هذه
الآلات مصنوعة غالباً على حسب القاعدة التي ذكرناها آخراً ويكون آ ب
الذي هو قوس الدائرة المـ ر جهة (شكل ١٧) في مستوع محدد بنحيط

عضادتي ث أ و ث ب العموديتين على المستويين اللذين ينبغي
قياس ميلهما وتكون نهاية ب ثابتة على احدهذين المستويين ونقطة
أ التي يقطع القوس فيها المستوى الآخر دالة على عدد درجات ميل هذين
المستويين

ولاجل تحديد اتجاه مستو مائل نضعه عادة على مستواً في نخط تقاطع
المستوى المائل على المستوى الافقي هو المسمى بالمستوى المائل وبناء على
ذلك اذا رسمنا بوجه عمودي على هذا الاثر او لاختلافها وانما يخطا مستقيماً
موضوعاً على المستوى المائل فان الزاوية الواقعة المتكونة منهما تكون دالة على
زاوية المستويين

ويكون خط ث أ المائل (شكل ١٧) الذي يبناه انفساً مائلاً اكثر
من كل خط مرسوم على المستوى المائل وهو ن ح ح م

ولاجل البرهنة على ذلك نرسم افقي س و ص موازياً لـ ن ح
من المستوى المائل و ث و أ عموداً على المتوازيين فيكون ن و
قياس بعدهذين المستويين فاذا انزلنا بنقط س و ص من المستوى
المائل الموضوع على ارتفاع واحد على نقط ح و ث و ن الخ

المساوية أيضا كان اقصر بعد اعنى خط الانحدار الاكبر هو خط و ا

العمودى على متوازي س و ص و ح ش ن

واذا تكلمنا على السطوح المخنية رأينا ان في استعمال الخطوط الاقضية
والخطوط ذات الانحدار الاكبر فائدة عظيمة في رسم صورة هذه السطوح
على المستويات

وقد يكون كل من المستويين عمودا على الآخر اذا تألف منهما من جهتي
اليمين والشمال زوايا متساوية وتكون هذه الزوايا المسووجة بخطوط مستقيمة
عمودية قائمة

واذا كان مستقيم عمودا على مستو كانت جميع المستويات الجديدة الممتدة من
هذا المستقيم عمودية على ذلك المستوى

وليكن ا ب (شكل ١٨) عمودا على مستوى م ن ح ح

و ف ع د ه هو المستوى الممتد من ا ب فاذا رسمنا على

م ن ح ح ا ث عمودا على ع د فان زاوية ب ا ث التي
يقاس بها ميل هذين المستويين تكون قائمة وبناء على ذلك يكون كل من
المستويين عمودا على الآخر

واذا كان المستويان المتوازيان مقطوعين بثالث فان مستقيمي التقاطع
يكونان متوازيين والافهما متلاقيان في بعض الجهات فاذا تلاقي كل من
المستويين الاول والثاني اللذين هما جزء من هذين المستقيمين وبناء على ذلك
يكونان غير متوازيين

وكل مستقيمين متوازيين مختصرين بين مستويين متوازيين يكونان
متساويين ويبان ذلك اتنا اذا مددنا من هذين المستقيمين مستويا ثالثا فانه
يقطع المستويين الاولين بحسب المتوازيين الجديدين المستقيمين على المتوازيين
الاولين فاذاً يكون المتوازيان المختصران بين المتوازيين متساويين

وكل مستقيين مثل ا ب ث و د ه ف (شكل ١٩) مقطوعين
بثلاثة مستويات متوازية مثل ن ح و ج ر و ض ط
يكونان مقطوعين الى اجزاء متناسبة

ولاجل البرهنة على ذلك نغذ ا ه ن موازيا د ه ف وحيث ان ه
ر ف و ه و ف هي تقاطع هذين المستقيين مع مستوى
ح ر و ض ط ينتج معنا ا ه = د ه و ه ن = ه ف
غير ان مستقيي ا ب ث و ا ه ن موضوعان على مستوي واحد قاطع
لمستويي ح ر و ض ط بحسب مستقيي ب ه و ث ن
المتوازيين فاذن يتحصل معنا هذه النسبة

ا ب : ب ث :: ا ه : ه ن :: د ه : ه ف

وقد بقي علينا ان نتكلم الآن على الزوايا المجسمة مثل ا ب ث المتألقة
من مستقيات وا و ب و و ث الثلاثة المتلاقية في نقطة و
الدالة على ثلاثة اجزاء من مستويات اوب و بوث و ثوا
وقد تدل هذه الزاوية كما يتراى لنا على ثلاث زوايا عادية مثل اوب
و بوث و ثوا وعلى الزوايا الثلاثة الحادة من المستويات
المأخوذة اثنين اثنين ويؤخذ من الهندسة الوصفية الطرق التي يعرف بها الزوايا
المتألقة مع المستويات من المتوازيات ومن الزوايا الحادة من الخطوط
وبالعكس

* (الدرس السابع) *

* (في بيان الجسمات المنتهية بالمستويات) *

قد ذكرنا لك خواص الخط المستقيم والدائرة وبجئنا بالتوالي عن الاشكال
التي تحدثها الصناعة اما بالخطوط المستقيمة او بالدوائر ولتتكم الآن بهذه
الطريقة على المجسمات التي يمكن تحديدها اولا بواسطة المستويات
وثانيا بواسطة السطوح المخفية المأخوذة من الدوائر فنقول
كل مجسمين صليين يكونان متساويين اذا فرض انهما خارجان من قالب واحد
كصورة نصف شخص وصورة صغيرة صانعهما جباين واحد

وكل مجسمين صليين مثل م ن و د ه ف و م و د ه ف (شكل ٢٣)
يكونان متماثلين في الصورة والوضع اذا امكن اتصال نقطتهما
المتقابلة بخطوط مستقيمة متوازية يكون منتصفهما على مستوى
أ ب العمودي عليهما وهذا المستوى هو تماثل مجموعهما

(بيان اجراء العملية)

فد يحتاج في الصناعة لان يحدث في كل وقت اجسام متماثلة بالنسبة لاجسام
اخر واجسام مركبة من جزئين متماثلين كالعمارات المنتظمة والهياكل
والقصور البنية على حسب مستوا واحد

وليس الغرض من الانتظام في الغالب الا الزينة واللاطفة بالنظر لمحصلات
الصناعة المقصود منها الثبات والدوام كالبيوت والكنائس وغير ذلك
وقد يكون الانتظام المذكور لازما لعدة عظيمة من الاجسام التي تحدث عدة
حركات متساوية مع السهولة جهتي اليمين والشمال وهذا هو الحكمة في كون
القدرة الاهمية جعلت لاغلب الحيوانات ضلعين متماثلين متصلين بمستوى
واحد متمد في حركتها المتتابعة الاعتمادية وعلى مقتضى هذا الاصل قد جعل
المهندس البحري جهتي اليمين والشمال من مفرق متماثلين بالنسبة للمستوى
الذي يبين اتجاه السير المتوالي وقد تكون العربات ايضا متماثلة بالنسبة لهذا

المستوى على حسب قاعدة تضاهي هذا الاصل وهم جرا (راجع الجلد الثاني من الكتاب عند ذكر الالات)

والقضيب هو احد الاجسام الصلبة غير المتناهية التي اوجهما المستوية منتهية بخطوط مستقيمة متوازية وتسمى اضلاعا ويتألف المنشور من قطع القضيب بواسطة مستويين متوازيين ومن ذلك يحصل معنا القطعان المسميان بالقاعدتين وهما شكلان كثيرا الاضلاع عددا واضلاعهما مساو لعدد اوجه المنشور وقد يكون هذا المنشور قائما او مائلا على حسب كون القاعدتين عموديتين او مائلتين بالنسبة لاضلاع المنشور وقد يكون مخروطا ناقصا اذا لم تكن القاعدتان متوازيتين

ويكون المنشور القائم منتظما بالنسبة للمستوى الذي يقطع في زاوية قائمة من المنتصف اضلاعه التي تكون حينئذ اعمدة متممة لشروط الانتظام وهما ايضا مناشير ناقصة منتظمة بالنسبة للمستوى الذي يقطع كذلك في زاوية قائمة من المنتصف جميع اضلاعها

(شكل ١) ويكون للمنشور المثلثي ثلاثة اوجه وزيادة على ذلك يكون له قاعدتان مثلثتان وجميع التغيرات التي تحصل في شكل المثلث تحصل ايضا في شكل المنشور المثلثي

(بيان اجراء العملية في علم النظر)

يستعمل الطبيعيون منشورا من زجاج اوبلور لتحليل الضوء الذي تفصل اشعته المختلفة في حال مرورها وجها من المنشور لتدخل فيه ووجها آخر لتخرج منه وحينئذ يرى بالترتيب الآتي الالوان السبعة الالمانية وهي الاحمر والبرتقائي والامفر والاخضر والازرق والنيلي والبنفسجي وهذا هو الذي يطلق عليه اسم شعاع الشمس

(بيان اجراء العملية في علم المباني)

يستعمل البناء منشور ابثدوف القائم المثلثي ذا القواعد

المنتظمة (شكل ٧) ليصنع سطح العمارات المنتظمة الذي له وجهان وقوصرات او حائط جلون ويستعمل المنشور الناقص المنتظم (شكل ٨) في السطوح ذات الجوانب الاربع وهذا الشكل هو شكل تلال الاجار المصطفة على جوانب الطرق التي ينبغي اصلاحها وحيث كان هذا الشكل منتظما ومنهل القياس امكن في اسرع وقت تحقيق كمية الاجار التي يحتوي عليها كل تل وبهذا الداعي يكون ذلك الشكل ككثير الاستعمال في تلال الرصاص والكلل المصنوعة التي في حواصل الطوبجية

* (بيان اجراء العملية في الميكانيكة) *

يستعملون في صناعة الآلات مفشورا مثلثيا ذات قواعد منتظمة وشاخصا ثابتا تجوز به البرنيز والعربات التي يراد أن يكون سيرها كاملا مستقيمة والمنشور الرباعي (شكل ٢) هو الذي يحتوي على اربعة اوجه ويكون كل من قاعدتيه شكلا مربعا كما يدل على ذلك اسمه فاذا كان المربع متوازي الاضلاع فان المنشور يسمى متوازي السطوح ويسمى ايضا متوازي المستطيلات اذا كانت جميع اوجهه زوايا قائمة وزيادة على ذلك اذا كانت القاعدة مربعا فانه يسمى متوازي السطوح الرباعي وهو يشبه بالمسطرة التي تستعمل لتسطير الورق وبالجمله فاذا كانت جميع اوجه متوازي السطوح مربعات فانه يسمى قدحاً مكعباً وهو ما يستعمل في لعب الترد وللمناشير القائمة المربعة ذات القواعد المنتظمة مستويات منتظمة موازية لاضلاعها ومارة بمحور تماثل كل قاعدة

فاذا كانت القاعدة مستطيلة كان للمنشور ثلاثة مستويات منتظمة موازية للاوجه الستة المأخوذة منى منى واذا كانت القاعدة شكلاً معيناً كان للمنشور ثلاثة مستويات منتظمة احدها المستوى الذي يكون على بعد واحد من القاعدتين ثانيها وثالثها المستوى المارة باقطار الشكل المتوازية من قواعد المعينات

وفي المكعب تسعة مستويات متماثلة منها ثلاثة موازية للاوجه وثلاثة مارة

ياقطار شكل هذه الواجهة

وفي كل من هذه المناشير تمر مستويات التماسيل بالنقطة المعطومة التي هي مركز المنشور وتتقاطع منتي منتي على الخطوط المجعولة أقطارا ومحاور لا منشور المذكور * ولهذه النقطة وتلك الخطوط خواص نافعة في علم الميكانيكة سندكرها في المجلد الثاني من هذا الكتاب (عند ذكر الالات)

(بيان ابراء عدة عمليات مختلفة) *

يستعمل النجار وقطاع الخشب والحديد وجم غفير من ارباب الصنائع المناشير المنتظمة ذات الواجهة الاربعة وقد تكون شواحي البيوت الافرنجية وعوارضها وسائر اخشاب السقوف مناشير من هذا الجنس وكانت في قديم الزمان مناشير مربعة القاعدة لكنهم منذ عرفوا تقويم قوة الاخشاب حق المعرفة عرفوا فائدة استعمال المناشير الدقيقة الرفيعة في صورة ما اذا كانت هذه المناشير ثقيلة قليلا واستعمال المناشير العريضة في صورة ما اذا كانت ثقيلة كثيرا

وقد تكون الاعمدة المربعة والمجالات المربعة اشكالا متوازية المستطيلات

(بيان المناشير البلورية) *

يشاهد غالبا فيما اوجده الله تعالى في التبلورات الطبيعية من الاشكال الهندسية المتنوعة المضبوطة مناشير مثلثية ومربعية ومسدسية ومثلثية وغير ذلك واعلم ان معرفة هذه الاشكال البلورية من اعظم العمليات الهندسية حيث نشأ عنها معارف نفيسة تتعلق بالجواهر التي يتركب منها هذا البلور وبالجمل فاذ قمنا هذه التبلورات قسمة مضبوطة على حسب اوجه التحام اشكالها الاصلية فالتا تعرف بواسطة الهندسة جميع تنوعاتها وبنين متانة الاشكال الطبيعية حتى الاختلافات العظيمة في الظاهر

ولتبين الان الطرق المستعملة في قطع المنشور القائم في جسم اى شكل كان فنقول

ادامدنا بقرب الجسم الذي يراد قطعه الى منشور وتراموا زيا للاتجاه الذي
 ينبغي جعله للاضلاع مع فرض ان ذلك الاتجاه افقي لاجل السهولة فانتا
 نضع على هذا الوتر احد ضلعي المسطرة الثلثية الموضوعة وضعا اقويا ثم نعين
 على هذا الجسم بواسطة الشاقول الذي نوجهه على امتداد الضلع الاخر من
 المسطرة المذكورة عدة نقط تكون فيما بعد لقاعدة المنشور المراد رسمه وبعد
 تمام ذلك نقطع بالقاس او بالنشار او باي آلة كانت الجسم على حسب المستوى
 المنتصب الذي يمر بالنقط المعينة ثم نرسم على هذا المستوى كثير الاضلاع
 المتألف من القاعدة وتقب من مبداء كل رأس من رؤوس كثير الاضلاع
 المذكور تقويا في الجسم يكون عقدها من جميع جهاته عموديا على هذه القاعدة
 وتكون هذه الثقوب اضلاعا للمنشور ثم نصلح من كل ضلع الى آخر الجسم على
 حسب القواعد المذكورة في الدرس السادس ولاجل صحة العملية يلزم
 ان تثبت من مبداء الامران الاضلاع تكون عمودية مع الاحكام والاتقان
 على مستوى القاعدة وعلى اضلاع هذه القاعدة التي تتلاقى مع كل ضلع
 ولاجل مزيد التحقيق نتظهر هل جميع الاضلاع تبقى على بعد واحد في سائر
 الجهات ام لا وهذا امر ضروري لا بد منه او انها تكون موجودة متى متى
 في مستوى واحد وهذا يدرك بمجرد النظر متى لوحظ ان اى ضلع من الاضلاع
 يمكن ان يمتد عن السائر جميع قط الضلع التالي او المتقدم عليه مباشرة
 فاذا لا يبقى علينا الا عمل القاعدة الثانية فترسمها بواسطة مسطرة مثلثية
 بان نمد على اوجه المنشور عدة اعمدة على الاضلاع بشرط ان يكون الاخير من
 هذه الاعمدة يعود مع غاية الدقة والضبط الى النقطة التي ابتدئ منها برسم
 العمود الاول وهذه هي القاعدة المستعملة عند تجارى البيوت ومهندسى
 السفن

واذا قطعنا الوجه الاول من المنشور وارادنا عمل الالوجه المتلاصقة فاننا
 نستعمل المسطرة الثلثية الصحيحة او القاسدة في مسح الزوايا المتألفة من هذه
 الالوجه وحدها او مع القواعد وتقب من مسافة الى اخرى على الوجه الذى

يراد عمله تقويا عميقة بحيث يكون احد ضلعي المسطرة الثلثية داخلا في اعم
الضبط والضلوع الاخر واقعا على الوجه المصنوع قبل ذلك فاذا كان كل من
ضلعي المسطرة الثلثية متجاها عموديا على الضلع الذي يفصل الوجه
المصنوع من الوجه الذي يراد عمله فان عمق الثقب يكون واقعا مع الاتقان
على هذا الوجه الاخير

وبعد ان تجهز من مسافة الى اخرى الخطوط المؤشرة لا يبقى علينا الا رفع
المادة واصلاحها بين هذه الخطوط لاجل عمل الوجه الجديد

وقد يرسم بالنظر لعلم الهندسة بواسطة الخطوط التي لا تدل على اختلاف
ما بامتدادها ووضعتها الاشكال الحديدية والمجووفة القابلة للتعشق في بعضها
مع الدقة والضبط الا انه عند العملية يكون الاختلاف بين نوعي الاشكال
الحديدية والمجووفة عظيما جدا

وقد ينظر لثمان صناعات المناشير شاهد على ذلك وقد بينا آفا الطرق التي
يها يمكن عمل المنشور المجوف بواسطة اليكار والمسطرة العادية والمسطرة
الثلثية وسائر الآلات الحادة فاذا كان المراد عمل منشورة معروفة وكان ذلك
المنشور متوازي المستطيلات مثلا كاعلى العلب المستعملة في المعامل
الصغيرة والمعدة لنقل الاشياء بدأنا بجعل سمك الالواح مستحسنا وبعد ان
تفصل هذه الالواح بالمسطرة الثلثية في العرض والطول المطلوبين تكون
مناشير محدبة وتكون بمنزلة الالواح للمنشور المجوف المراد عمله ويكون
اثنان منها متقابلين على حسب طول العلية وعرضها واثنان على حسب
طولها واربعها واثنان اخران على حسب ارتفاعها وعرضها ثم نضعها
بحجوار بعضها بان نضعها اما بواسطة المسامير او بالقر او اما الجهة التي يراد
قفلها بكيلون او قفل فانها توصل بواسطة مشبك كالرزة مثلا فاذا كانت
الالواح منفصلة مع الضبط حدث بالضرورة عن اتصالها ببعضها شكل متوازي
السطوح وانما ينبغي التنبيه على ان الواح الالواح تكون بالنظر لسمكها منضجة
في زاوية مقدارها ٤٥ مفرقة في خطي \overline{AA} و \overline{BB} وهلم جرا راجع

(شكل ٣) اومستوية كما في شكل ٤

واذا كانت العلبة متسعة جدا بحيث لا يمكن ان يكون عرض اللوح وجهها من اوجهمها فالتانضم اليه عدة الواح متلاصقة واذا لم يكن المطلوب شغلا محتاجا لالتقان فالتانضع عوارض حيث ما تائق ونضعها بواسطة المسامير التي تكون في العلبة من جهة واحدة كالصناديق العادية المعدة لحفظ الهجمات والبضائع التي تنقل بواسطة العربات المعدة للنقل

فاذا كان المطلوب اجر اشغل مهم فالتانضم الالواح الى بعضها بان تقطع اولا على ساحة احدها الذي هو **ب د ح ح** (شكل ٥) اسانا مجوفا وتقطع ثانيا على ساحة اللوح المتصل الذي هو **ب د ن م** حرا متحد الصورة لكي يدخل فيه اللسان مع غاية الضبط والاحكام وليس اللسان في الحقيقة (شكل ٥) الامنشور المحمد با قائم الزوايا وليس الحز ايضا الامنشور المجوفا قائم الزوايا وبناء على ذلك يمكن عمل كل منهما بواسطة القارة كما سنبين لك ذلك

وكذلك العاشق والمعشوق (شكل ٦) فانهما منشوران قائما الزوايا احدهما محدد والثاني مجوف وحيث كانا مضاهيين في ذلك للحزوز والالسنه كانا مفصلين على وجه ينضمان به الى بعضهما مع غاية الدقة والضبط فاذا اقتضى الحال ضم منشورين الى بعضهما بواسطة المسطرة المثلية فالتانستعمل كلا منهما الى العاشق والمعشوق ويمكن تفصيل العاشق بواسطة المشار بخلاف المعشوق فلا يمكن تفصيله الا بالمقراض وزيادة على ذلك يلزم لهذا الاخير مدة طويلة من الزمن وهذا مثال يدل على الصعوبة التي يكابدها الشغال في عمل المنشور المحدب والمجوف

وقد ينظر لنا من فن التجارة وفن قطع الاحشاب زيادة على ما ذكرناه ايضا من الاشكال الاخرى عمليات بدعية موجهة متعلق بالاشكال المنتهية بالمستويات ومنها ما هو مجوف ومنها ما هو محدد وهي متعلقة ببعضها تعشقا جيدا

ويحتاج قطاعوا الاخشاب في الغالب الى عمل المناشير اورسها بواسطة قطع
خشب تتركب منها اضلاع المناشير كما في تركيب السقوف مثلا ينظر لرنا
من شكل ٧ تخشبية السقف الذي يكون على صورة منشور مثلثي يزيد في
الارتفاع على منشور مربعي اي بيت قائم الزوايا متخذ من الخشب ولاجل عمل
هذا البيت ينبغي القطاع الخشب ان يجعل كثيرا من المسائل الهندسية السهلة
بموجب القواعد المقررة في هذه الدروس وينبغي له ايضا معرفة مساحة كل
قطعة من التخشبية وتحصيل طولها وشكلها الحقيقي مع رواياها
المرتفعة المنقولة على قطع الخشب التي يفصلها على حسب الصورة المستحسنة
وغير ذلك

وبناء على ذلك ينبغي لقطاع اخشاب البيوت معرفة ما تراصول الهندسة
التي ذكرناها آنفا ليتيسر له العمل عليهما مع الضبط بدون توقف في الاحوال
العارضة التي يكون عمل الجاهل فيها بالصدفة والاتفاق فيكون فاسدا
في الغالب

وقد يتقع علم الهندسة ايضا مهند من السفن حيث يلزمه احداث اشكال
تحتاج الى الغزارة في العلم ويكون حسنهما منوطا بعلمة العملية بواسطة العلوم
الهندسية

وهناك شكل اسهل من المنشور في الظاهر لان اوجهه اقل من اوجه المنشور
المذكور الا انه اصعب منه في الحقيقة حيث ان اوجهه غير متوازية وهذا
الشكل هو الشكل الهرمي

ويتركب الهرم كما في شكل ٩ و ١٠ و ١١ و ١٢ و ٢٠
من اوجه مستوية مثلثة تكون رأسها في نقطة واحدة ويتألف منها مع
قاعدتها شكل كثير الاضلاع المستوي وهذا الشكل هو قاعدة الهرم
وكذلك الرأس المشتركة بين تلك الالوجه المثلثية تكون رأس الهرم
وتكون قاعدة الهرم التماثل شكل كثير الاضلاع التماثل وتكون رأسه
موضوعة في مستوى التماثل

وقاعدة الهرم المنتظم هي كثير الاضلاع المنتظم وزيادة على ذلك يلزم ان تكون رأس الهرم ومركز القاعدة على مستقيم عمودي على مستوى هذه القاعدة فاذا فرض ان القاعدة اقصية لزم ان تكون رأس الهرم قائمة على مركز القاعدة ويكون الشاقول الموضوع بهذا الوجه دال على محور الهرم المنتظم

وقاعدة الهرم الثلاثي الذي هو **و ا ب ث** (شكل ١٢) هي مثلث

ا ب ث وقاعدة هرم **ا ب ث د ه** المربعي (شكل ١١) هي

مربع **ب ث د ه** واهلجرا

وكذلك تكون سفوف القلاع والابراج سواء كانت مثلثية او مربعة اهراما

قاعدتها المثلث او المربع المتألف من رفرف البرج والدور (شكل ١٠ و ٩)

وكذلك تكون البرابي او المسلات اهراما منتظمة كالانار العمومية وهي

في العادة اهرام مربعة ولتشرع الآن في كيفية عمل مسلة من محجر تكون

اقصية اعني ملقاة على الارض ويكون محورها اقصيا ايضا وقاعدتها منتصبة

قائمة فنقول

نقطع في الصخر او في حجر الصوان مستويا منتصبا ونرسم عليه مربع

ب ث د ه (شكل ١١) المستعمل قاعدة للمسلة ثم نبدء بقطع

الوجه الاعلا وهو **ا ث د** ووجهي **ا ث ب** و **ا د ه** المتصلين

بعضهما واولا نلاحظ ان غاية الضبط ان الزوايا المتألفة من اوجه **ا ث د**

و **ا ث ب** و **ا د ه** ومن مستوى القاعدة تكون مساوية بالكلية

لزوايا المسلة المرسومة وتكون هذه العملية مضبوطة اذا ثبت ان رأس

ا تكون على مستقيم او العمودي على مستوى القاعدة المار بمركزها

وهو **و** واذا جعلنا **و م** على مستوى القاعدة ثم جعلنا **ا ن**

موازيا ومساويا لخط **و م** المذكور فانه بواسطة تلك الكيفية يرى

في اتجاهين مختلفين ان مستقيم **ن م** الذي يلزم موازاة لخط **ا و** يكون

عودا على أن و وم فعلى ذلك يكون محور و أ عموديا على المستقيمين
 المرسومين من نقطة و على مستوى القاعدة ويكون هذا المحور عموديا
 ايضا على ذلك المستوى فاذا كانت سائر الشروط متوفرة وكان الخط الناشئ
 عنها يضاف لاي بق علينا الاعمل وجه ا ب ه الاسفل الذي يكون مستويه
 محدودا بضلعى ا ب و ه

فاذا اريد عمل هرم مثلث على اى صورة كانت فى كتلة من الحجر
 او الخشب مع فرض معرفة صورة القاعدة والزوايا المتألفة من مستوى هذه
 القاعدة ومن الواجه الثلاثة الاخر فالتا رسم وقطع الوجه المستوى
 على حسب القواعد المقررة فى الدرس السادس ثم نرسم بواسطة المسطرة
 المثبتة التى يكون ضلعها امتحيم اتجاهها عموديا على ضلعى
 القاعدة الواجه الثلاثة المستوية وهى ا ب و ر ب ث و
 و ا ث و (شكل ١٢) التى يكون منها مع القاعدة الزوايا المقررة
 وهذه الواجه الثلاثة هى اوجه شكل الهرم

وفى الغالب يكون وضع الرأس معينا (شكل ١٢) بنقطة م التى
 يقع فيها عمود و م على القاعدة وعلى ارتفاع و م وفى هذه الصورة

نرسم القاعدة ونجعلها مستوية ثم نقيس بالناقول ارتفاعاى ش ح

و ح ز المساويين لخط و م فاذا كانت قطنا ح و ن

مساويين لمستوى القاعدة فالتا رسم و ر = م ح و و ح

= م ن فتكون نقطة و التى يتلاقى فيها خطا و ر و و ح

الاقبيان رأس الهرم ومتى كانت الرأس معلومة فالتا نصغر او لا نجم كتلة

الخشب او الحجر بان نحدث فيها حوزا على هيئة خط مستقيم بموجب خطوط

و ا و ب و ب و ث ثم نسطح تلك الكتلة بين هذه الخطوط

المستقيمة

ويسهل علينا فى بعض الصور بواسطة الرسم الهندسى ان نبدأ باخذ مساحة
 زوايا الواجه الثلاثة التى على القاعدة ثم نرسم هذه الواجه من غير ان يحصل

منقطة في وضع الرأس

ولذا يكفي ان نحدد (شكل ١٣) من نقطة $م$ التي هي موقع عمود $وم$ النازل من الرأس على القاعدة $م د$ و $ع م$ و $م غ$ العمودية على خطوط $ا ب$ و $ب ث$ و $ث ا$ على وجه التناظر ثم نرسم في جهة اخرى مثلثات $وم د$ و $وم ع$ و $وم غ$ القائمة الزوايا فتكون زوايا $وم د$ و $وم ع$ و $وم غ$ زوايا الواجهة الثلاثة من الهرم والقاعدة

ويظهر لنا من القواعد التي لا بد منها في رسم المثلث الشروط الضرورية في تساوي المثلثين وكذلك تساوي الهرمين فيكون كل هرمين مثلثيين متساويين بقيود اربعة الاول ان تكون الواجهة الثلاثة من احدهما مساوية للواجهة الثلاثة من الآخر الثاني ان يكون الوجهان والزوايا المستوية المحصورة بينهما من كل من الهرمين المذكورين متساوية الثالث ان يكون الوجه والزوايا الثلاثة المستوية التي ينسب اليها هذا الوجه متساوية في كل منهما ايضا الرابع ان تكون الاضلاع الستة متساوية في كل منهما ايضا وهلم جرا

وللتدريب على عمل الاهرام ورسمها وحسابها فائدة عظيمة في العمليات التخطيطية التي لا تكون فيها النقط المراد تحديد وضعها في مستوي واحد فعلى ذلك تنقل وضع كل نقطة رصدناها الى وضع النقط الثلاثة الاخر التي تكون منها المثلث المجعول قاعدة ونقيس بواسطة الآلات التي هي الغرافومتر ودائرة التكرار والتبديد الزاوية التي يصنعها الشعاع النظري الممتد من رأس كل مثلث مجعول قاعدة الى الشيء المرصود اما بواسطة ضلع القاعدة او بواسطة مستويها فاذا انضمت الاشعة الثلاثة النظرية الى ثلاثة اضلاع القاعدة فانه يتألف منها الهرم الذي تكون رأسه النقطة المرصودة وهذه العمليات الصعبة مقصورة على الصنائع العلمية كصناعة مهندسي

الادروغرافيا والوجرافيا وصنائع المساحين المتوطنين بالعمليات الجسمية
كالعمليات التي تتعلق بحساب البلاد وجميع ما يخصها

واذا كان اى جسم منتهيا من جميع جهاته باوجه مستوية فان هذه الواجهة
تكون منتهية ايضا بخطوط مستقيمة يتكون منها مضلعات مستوية ومن
المعلوم انه يمكن تحليل هذه الاشكال كثيرة الاضلاع الى مثلثات فعلى هذا

اذا جعلنا نقطة و في داخل جسم ا ب ث الخ (شكل ٢١)
كانت على حسب ما نرسمه فيمكن ان نعتبرها اولاً كراس عدة اهرام مضلعة
تقدر ما يوجد من الاشكال كثيرة الاضلاع المعتبرة اوجها لهذا الجسم وثانيا
نعتبرها كراس عدة اهرام مثلثية بقدر ما يمكن رسمه من المثلثات على هذه
الواجهة وفي هاتين الصورتين يحدث عن مجموع هذه الاهرام الجسم بتمامه
(بيان مساحة الاجسام المنتهية باوجه مستوية) *

حيث ان المربع قد جعل قياسا للسطوح لزم جعل المكعب الذى هو جسم
منته من جميع جهاته بالمربعان قياسا للعجوم

وتكعب الجسم هو معرفة عدة مرات احتواء ذلك الجسم على المكعب
المأخوذ وحدة ولتبدأ بيان الكيفية التي يقاس بها حجم المكعب الاكبر بواسطة
المكعب الاصغر فنقول

لنفرض مثلا ان ضلع المكعب الاكبر هو ث (شكل ١٤)
يكون محتويا عشر مرات على ضلع المكعب الاصغر وهو
ث فنقسم المكعب الاكبر الى عشر قطوع موازية لاحد اوجهم وممتدة
في السمك ويكون هذا السمك ممكلا للمكعب الاصغر وتكون قواعده هذه
القطوع محتوية عشر مرات مضروبة في مثلها على احد اوجه المكعب
الاصغر وكل قطع منها يحتوي على المكعبات الصغيرة عشر مرات مضروبة
في مثلها فاذن يكون مجموع القطوع العشرة محتويا على المكعبات الصغيرة
عشر مرات مضروبة في ضعفها ويشار الى هذا الضرب بهذا الرقم ١٠
واذا سمعنا على هذا المنوال وعرفنا ان $2 \times 2 \times 2 = 8$ و ٣

$3 \times 3 = 27$ وهم جواعلنا ان اضلاع المكعب الاكبر اذا كانت
تحتوى على ضلع المكعب الاصغر بقدر عدد من هذه الارقام وهى ١ و ٢
٣ و ٤ و ٥ و ٦ و ٧ و ٨ و ٩ و ١٠ فانه يوجد فى المكعب
الاكبر من المكعبات الصغيرة ١ و ٨ و ٢٧ و ٦٤ و ١٢٥ و ٢١٦ و ٣٤٣ و ٥١٢ و ٧٢٩ و ١٠٠٠ ولأجل الاختصار فى ذلك نقول ان
٨ هى مكعب ٢ و ٢٧ مكعب ٣ و ٦٤ مكعب ٤
وهم جواعلنا عدد المكعبات الصغيرة المحتوى عليها المكعب الاكبر الذى
يكون ضلعه مساويا لـ ضلع المكعب الاصغر ٢ و ٣ و ٤ من المرات
وحجم المنشور الربيعى يساوى حاصل ضرب قاعدته فى ارتفاعه
فلنفرض اولاً المنشور المستطيل كما فى (شكل ١٥) فنقسمه بالنظر
لقاعدته الى عدة قطوع بقدر ما يحتوى ارتفاعه من المرات على وحدة
القياس اى ضلع المكعب الاصغر المأخوذ وحدة لذلك ويوجد مكعبات صغيرة
فى القطع بقدر مرات احتواء قاعدة ذلك القطع على قاعدة المكعب الاصغر
فعلى ذلك يكون عدد المكعبات الصغيرة الكلى مساويا للعدد الدال على سطح
القاعدة المضروب فى العدد الدال على الارتفاع وهذا هو المسمى بحاصل ضرب
القاعدة فى الارتفاع

أ ب هـ ف ز هـ تحصل معنا منشور أ ب ث د هـ ف غ شـ
المربعي المائل فاذن يكون هذا الأخير متحد الحجم مع المنشور المستطيل الذي
تكون قاعدته واحدة وارتفاعه واحدا

ولئين مع السهولة ان حجم منشوري أ ب ث د هـ ف غ شـ
و ا ر ث د هـ ف غ شـ (شكل ١٥) متحد مع حجم اى
منشوري يكون ارتفاعه واحدا وقاعدته شكلين متوازيي الاضلاع
مسطحة ماسا ولسطح قاعدة أ ب ث د المستطيلة
وحجم المنشور القائم الثلاثي يساوى حاصل ضرب قاعدته في ارتفاعه

وذلك لانه يمكن تقسيم كل منشور مربعي مثل أ ب ث د هـ ف غ شـ
(شكل ١٧) الى منشورين مثلثيين متساويين في الحجم وهذا التساوى
يحصل ايضا اذا جعلنا اضلاع متوازي السطوح مائلة بدون ان تتغير قاعدته
وارتفاعه الا ان سطح قاعدة المنشورين المثلثيين الذي هو أ ب ث
او ا د ث يكون نصف سطح أ ب ث د الذي هو قاعدة متوازي
السطوح فاذن يكون حجم المنشور الثلاثي مساويا لحاصل ضرب قاعدته
في ارتفاعه

وحجم كل منشور كثير الاضلاع مثل أ ب ث د هـ و ا ر ث د هـ
(شكل ١٨) يساوى حاصل ضرب قاعدته في ارتفاعه
وبرهان ذلك انه يمكن تقسيم هذا المنشور الى عدة مناشير مثلثية بقدر احتوائها
قاعدته وهي أ ب ث د على مثلثات مثل أ ب ث و ا ث د الخ
يكون ارتفاعها عين ارتفاع المنشور الكلي فيكون حجمها الكلي هو مجموع
القواعد المثلثية التي هي أ ب ث و ا ث د و ا د هـ مضروبا
في الارتفاع

(بيان تكعيب شكل الاهرام)

ونبذ بالهرم المثلث فنقول

حجم الهرم المثلث هو ثلث حاصل ضرب قاعدته في ارتفاعه

وبرهان ذلك اننا اذا اخذنا اي منشور مثلثي مثل ا ب ث (شكل ١٩)

وقطعناه بمستوى ا ب ه المار بنقط ا ب الذي هو ضلع القاعدة

ونقطة و التي هي رأس الزاوية فتحصل معنا اولا هرم ا ب ث ه

المثلثي الذي تكون قاعدته وارتفاعه عين قاعدة المنشور وارتفاعه وبقي علينا

الهرم المربعي الذي قاعدته ا ب د ورأسه ه فنقسمه بمستوى

ا ب ه الى هرمين مثلثيين فيحصل معنا هرم ا د ه المثلثي الذي

قاعدته د ه ورأسه ا فعلى هذا تكون قاعدة هذا الهرم وارتفاعه

عين قاعدة المنشور وارتفاعه وبالجمله اذا قابلنا هرم ا ب ه وهو الثالث

بهرم ا د ه فانه يترآى لانه يساويه في الحجم لانه اذا جعلنا مثلث

ا د ه = ا ب ه بالنظر لقاعدتيهما كان رأس الهرمين وهو

ه واحدا فاذا ن يمكن اعتبار حجم كل منشور مثلثي مكافئا لحجم ثلاثة اهرام

ارتفاعها واحد وقاعدتها واحدة فعلى ذلك يكون حاصل ضرب قاعدة

كل هرم في ارتفاعه الذي هو حجم المنشور مساويا لثلاث مرات لحجم هذا

الهرم

وحجم اي هرم كان (شكل ٢) يساوي ثلث حاصل ضرب القاعدة

في الارتفاع

وبرهان ذلك ان قسم القاعدة الى مثلثات مثل ا ب ث و ا ب د

و ا د ه الخ يكون كل منها قاعدة لهرم مثلثي رأسه نقطة و ويكون

قياس كل من هذه الاهرام الثلثية سطح مثلثات ا ب ث و ا ب د

الخ مضروبا في ثلث ارتفاع و س المشترك فعلى ذلك يكون قياس

الهرم الكلي هو حاصل ضرب القاعدة الكلية في ثلث هذا الارتفاع

بيان تكعيب الجسم المنتهى من جميع جهاته بأوجهه مستوية على حسب المطلوب (شكل ٢١)

إذا جعلنا في هذا الجسم أى نقطة مثل $و$ رأساً للآهرام التى تكون قاعدتها أوجه الجسم المستوية فإن مسطح كل وجهه مضروباً فى ثلث بعده من رأس $و$ يكون حجم الهرم المقابل ويكون مجموع الخواصل حجم الجسم وتسهيل هذه الطريقة يقتضى المكث في داخل الجسم ذى الأوجه المستوية وقياس بعد كل وجه عن هذا المستوى مع الضبط وعدم التساهل والافاضى بناءً على ذلك إلى الوقوع فى عمليات هندسية عويصة مشكلة لا تلائم سرعة عمليات الصناعة وسهولتها وهناك طريقة أخرى تفضل الأولى فى السهولة والسرعة ولتبحث قبل أن تتصدى لذلك هذه الطريقة عن تقويم حجم المنشور

الناقص المثلثى مثل $ا ب ث د ه ف$ (شكل ٢٢) ثم تقسمه إلى ثلاثة آهرام ونجعل قاعدة الأول $ا ب ث$ وارتفاعه $ب ه$ فعلى ذلك يكون حجم قاعدة $ا ب ث$ مضروباً فى ثلث $ب ه$ والثانى الذى قاعدته $ا ث ف$ ورأسه فى $ه$ يكون مكافئاً للهرم الذى رأسه فى $ب$ وقاعدته $ا ث ف$ أو الذى قاعدته $ا ب ث$ ورأسه فى $ف$ ويكون الهرم الثالث الذى هو $ا د ف ه$ مكافئاً للهرم $ا د ف ب$ المكافئ للهرم $ا ب ث د$ فاذن يكون منشور $ا ب ث د ف$ الناقص مكافئاً فى الحجم للآهرام الثلاثة التى قاعدتها المشتركة $ا ب ث$ ورواسها المتناظرة فى $د و ه و ف$ على نهاية الاضلاع الثلاثة

فإذا كانت تلك الاضلاع عويصة على القاعدة كان حجم الآهرام الثلاثة والمنشور الناقص هو سطح $ا ب ث \times \frac{1}{3} (ا د + ب ه + ث ف)$

فإذا كان المطلوب حجم منشور من وده $ف$ الناقص (شكل ٢٣)

المحورين مستوي م ن و و د ه ف المائلين على اضلاع المنشور
فالتا لاجل ذلك ففرض ان ا ب ث يكون عموديا على هذه الاضلاع
فينحصل معنا ما يأتي وهو

$$\text{حجم } \overline{\text{ا ب ث د ه ف}} = \text{سطح } \overline{\text{ا ب ث}} \times \frac{1}{3} (\text{ا د} + \text{ب ه} + \text{ث ف})$$

$$\text{وحجم } \overline{\text{ا ب ث م ن و}} = \text{سطح } \overline{\text{ا ب ث}} \times \frac{1}{3} (\text{ا م} + \text{ب ن} + \text{ث و})$$

فاذن ينتج من ذلك

$$\text{حجم } \overline{\text{م ن و د ه ف}} = \text{سطح } \overline{\text{ا ب ث}} \times \frac{1}{3} (\text{د م} + \text{ه ن} + \text{ف و})$$

ويسهل علينا بواسطة هذه القواعد تحديد حجم الجسم المنتهى باوجهه مستوية
بان تقسم هذا الجسم الى مناشير كاملة ومناشير ناقصة مثلثية يسهل معرفة
حجمها على الفور فيكون مجموع هذا المجموع هو نفس حجم الجسم

ويمكن ان نمرهن مع السهولة على ان حجم كل منشور تام او ناقص مربعي مثل

ا ب ث د ه ف ع ش (شكل ٢٤) اضلاعه عمودية على

قاعدة ا ب ث د هو سطح هذه القاعدة مضروبا في ربع مجموع

الاضلاع الاربعة التي هي ا ه و ب ف و ش ع

و د ش

ويان ذلك اتينا اذا قمنا بالتوالي المنشور المربعي الى منشورين مثلثيين

كمنشوري ا ب ث ه ف ع و ا د ه ش ع ثم الى منشوري

ابده فش , ب ث د ف ع ش تحصل معناجم

المنشورين الاولين $= \frac{1}{4}$ سطح اب ث د $\times \frac{1}{4}$ (ا ه)

+ ب ف + ش ع + ا ه + د ش + ث ع (

وحجم المنشورين الاخرين $= \frac{1}{4}$ سطح اب ث د $\times \frac{1}{4}$ (ا ه)

+ ب ف + د ش + ب ف + ث ع

+ د ش)

فاذا اخذنا مجموع هذين الحاصلين تحصل معناجم المنشور الرباعي مرتين

$= \frac{1}{4}$ سطح اب ث د $\times \frac{1}{4}$ (٣ ا ه + ٣ ب ف

+ ٣ ش ع + ٣ د ش) فاذن يكون حجم المنشور الرباعي

في حدوداته $\frac{1}{4}$ سطح اب ث د (ا ه + ب ف + ث ع

+ د ش)

(اجراء العملية في تكعيب قارين السفن)

قد تقدم لنا في الدرس الثاني انه يمكن تقسيم القارين الى قطوع اقضية بواسطة

المستويات الاقضية من خطوط الماء التي تكون على بعد واحد من بعضها

ويمكن تقسيمه ايضا الى قطوع منتصبة بواسطة مستويات اخر تكون على

بعد واحد من بعضها ايضا وتسمى مستويات الازدواج وتقطع هذه

المستويات حجم القارين الى منشائر مستطيلة متساوية القاعدة وناقصة من

كل جانب ويحصل الحجم الكلي لهذه المنشائر الناقصة بضرب قاعدتها

المشتركة في ربع اربعة اضلاع كل منشور الا ان كلا من هذه الاضلاع

الاربعة يستعمل في اربعة منشائر (ماعد الاضلاع الجوانب فانها لا تستعمل

الا في منشورين فقط ولذلك لا يمكن اخذ كل منها الا نصف مرة وهناك اربعة

اضلاع لا تستعمل الا في منشور واحد فلا يؤخذ منها الا الربع ليضاف الى مجموع

الاضلاع المستعملة في اربعة مناشير) فاذن يكون الجسم الكلي للقاربين مساويا لسطح احد المستطيلات اعنى حاصل ضرب بعد مستويات خط الماء في بعد مستويات الازدواج وفي مجرد مجموع سائر هذه الاضلاع التي تكون اقصية وموضوعة معا على كل مستو من مستويات الازدواج وعلى خط الماء وتستعمل هذه العملية التقريبية السهلة الوجيزة في معرفة حجم اى جسم كان وكل جسمين متماثلين يكونان متساويين في الحجم

وبيان ذلك اننا اذا قسمنا هذين الجسمين الى مناشير ناقصة متثلثة اضلاعها الخطوط المتوازية التي تحدّد التماثل في كل منشور ناقص مثل

من ودهف (شكل ٢٣) موضوع من جهة مستوى التماثل الذي

هو ا ب ث ف تحصل معنا من الجهة الاخرى منشور م ج ودهف

الناقص بشرط ان $د م = م و$ و $ن ه = ه و$ و $ف و = ف و$ فيكون المنشوران الناقصان متساويين في الحجم فاذن يكون مجموع سائر هذه المناشير الناقصة بالنظر للجسم الاول مساويا لمجموع سائر المناشير الناقصة المتقابلة بالنظر للجسم الثاني فعلى هذا اذا كان الجسمان ذوا الواجه المستوية متماثلين كان حجمهما دائما متساويين وحيث كانت هذه الخاصة صحيحة ايا ما كان عدد الواجه فانها تكون ايضا صحيحة اذا كان هناك عدة اوجه صغيرة يمكن بواسطتها اعتبار الاجسام منتهية بسطوح منحنية لا باوجه مستوية

وبناء على ذلك يكون كل مستوى تماثل اى جسم فاسما لهذا الجسم الى قسمين متساويين في الحجم

(بيان المجسمات المتشابهة)

يكون هرما ا ب ث د و ا ر ث د (شكل ٢٥) متشابهين

اذا كانت اضلاعهما المتقابلة وهى ا ب و ا ر و ب ث و ر ث

وزواياها المتقابلة متساوية

وجماهرى **ا ب ث د ه** الخ و **ا ر ش د ه** المتشابهين
 (شكل ٢٦) يكونان مناسبين لمكعبات الاضلاع المتقابلة ويبان ذلك
 ان حجم كل هرم يساوى حاصل ضرب قاعدته في ثلث ارتفاعه فعلى ذلك
 اذا كانت قواعد **ب ث د ه ف** و **ر ش د ه ف** الخ اشكالا
 متشابهة فانها تكون مناسبة للمربع المرسوم على احد اضلاعها فيحصل
 حيتنذ (شكل ٢٦) هذه النسبة وهى

سطح **ب ث د ه ف** : **ر ش د ه ف** :: **ب ث م ن**

: **ر ش م د** فاذا رسمنا حيتنذ على **ب ث م ن** و **ر ش م د**
 المجموعتين قاعدتين مكعبا فانه يتحصل معنا حجم المكعبين وهما

ب ث = **ب ث** × **ب ث** و **ر ش** = **ر ش**
 × **ر ش** اكن نسبة **ب ث** : **ر ش** :: **١** : **١** اش
 : **١** اش

فاذن تكون نسبة **ب ث** : **ر ش** :: **ب ث** × **١** : **ر ش** × **١** اش
 : **١** اش

ففي التناسب الاخير يكون الحدان الاخيران دالين على حجم الهرمين والحدان
 الاولان دالين على حجم المكعبين

ونسبة حجوم المجسمات المتشابهة المنتهية باوجه مستوية على حسب المطلوب
 كنسبة مكعبات الخطوط المتقابلة

ويبان ذلك انه يمكن تقسيم تلك المجسمات الى اهرام متشابهة متحدة العدد ونسبة
 اضلاعها المتقابلة واحدة وهى **ر** الان الهرمين اللذين تكون نسبة
 اضلاعها المتقابلة الى بعضها كنسبة **ا** الى **ر** تكون نسبة حجمهما

الى بعضها كنسبة $\frac{1}{2}$ الى مكعب $\frac{1}{8}$ فاذا ضممنا من جهة الاهرام الصغيرة الى بعضها وضممنا من جهة اخرى سائر الاهرام التي تزيد عنها في الحجم بقدر $\frac{1}{8}$ اعني ثلاث مرات فان نسبة الججوم الى بعضها تكون

الى $\frac{1}{8}$

وينبغي ان نوضح هذا الدرس للتلامذة بان نبين لهم المناسير والاهرام المجوفة المتساوية والمنشابهة والمثالية الخ ونوضح لهم ايضا الدروس الالآتية بان نبين لهم الاسطوانات والمخاريط والاكر المجوفة مع القطوع المحكمة العمل

(الدرس الثامن)

(في بيان الاسطوانات)

اذا تحرك خط مستقيم على امتداد خط منحني مثل \overline{ABCD} الخ (شكل ١ و ٢ و ٣) وكان دائماً موازياً لاتجاه معلوم فانه يتولد منه اسطوانة ومن ثم يطلق عليه مولد الاسطوانة وكل مستقيم مثل $\overline{AA'}$ و $\overline{BB'}$ و $\overline{CC'}$ الخ يدل على وضع الخط المولد لها فانه يكون احد اضلاع تلك الاسطوانة

وهناك عدة انواع مختلفة من الاسطوانات بقدر ما يوجد من انواع المنحنيات مثل \overline{ABCD} الخ التي نستعمل في استقامة حركة خط التولد ويمكن ايضا ان نصنع بواسطة منحنى \overline{ABCD} (شكل ١ و ٢) عدة اسطوانات مختلفة على حسب ما في مستقيم $\overline{AA'}$ و $\overline{BB'}$ المولد لها من الانحرافات المتنوعة

وحيث انه يترأى للمهندس ان المستقيم التام يعتمد من طرفيه الى ما لانهاية له لزم ان تمتد الاسطوانة من طرفي اضلاعها الى ما لانهاية حتى تكون نامية ولكن للاسطوانة في الصناعة طول محدود دائماً من طرفي اضلاعها فاذا كان لكل اسطوانة عند الصانع نهايتان

فاذا كانت الاسطوانة منتهية من احد طرفيها بمسطح **ا ب ث** المستوى
سمى هذا المسطح قاعدة واذا كانت منتهية من الطرفين بمسطحات مستوية
متوازية كان لها قاعدتان وقد تكون هذه الاسطوانة قائمة (شكل ١)
او مائلة (شكل ٢) على حسب ما تكون عليه اضلاعها من كونها
عمودية او مائلة على مستويي القاعدتين

وفي بعض الاحيان يكون احد المستويين اللذين يحددان الاسطوانة غير مواز
للاخر كما في (شكل ٨) حيث يرى فيه اسطوانة منتهية بمسطحي

ا ب ث د و م ن ح ح المستويين فنفرض بناء على ذلك ان
مستوى **م ن ح ح** هو الذي نشأ عنه نقصان الاسطوانة ذات

القاعدتين المتوازيتين اللتين هما **ا ب ث د و ا ر ش و** ويطلق
ناقص الاسطوانة او الاسطوانة الناقصة على كل من جرى

ا ب ث د م ن ح ح و ا ر ش م ن ح ح

واذا كانت قاعدة الاسطوانة دائرية سميت الاسطوانة مستديرة وتسمى عند
الصناعية باسم الاسطوانة تقط لانها هي المستعملة دون غيرها في اغلب
فروع الصناعة

ثم ان خط **و د** المستقيم (شكل ٤) الممتد من مركز الدوائر المستعملة
قواعد الاسطوانة المستديرة هو محور الاسطوانة وهو المار بمركز جميع الدوائر
الحادثة من قطع الاسطوانة بمستويات موازية لمستويي القاعدتين

وعلى حسب خواص المتوازيات (التي تقدم ذكرها في الدرس الثاني) يكون
سطح الاسطوانة على حالة واحدة دائماً مع الضبط اذا كان منشأؤه اما حركة

خط مستقيم اخذنا على التوالي اوضاع **ا ا و ب و ث**

و د الخ المتوازية على امتداد **ا ب ث د** (شكل ٣)

واما حركة منحني ا ب ث د (شكل ٤) الآخذ ايضا على التوالي
 اوضاع ا ب ث د و ا ب ث د و ا ب ث د الخ المتوازية
 على امتداد خط مستقيم بحيث تكون نقطة الخط المنحني التي هي ا مثلا
 شاغلة بالتدريج لاوضاع ا و ا و ا الخ من ضلع ا ا
 وقد استعمل ارباب الفنون الطريقتين في احداث الاسطوانة القائمة
 والمستديرة وقد يوثرون احدهما على الاخرى على حسب ما تقتضيه حاجتهم
 من توسيع هذا السطح اعني الاسطوانة من جهة دون اخرى وهما الطريقتين
 المذكورتين

الطريقة الاولى في صناعة الاسطوانة بواسطة الاضلاع
 اذا اقتضى الحال توسيع الاسطوانة اتساعا كاملا بواسطة اضلاعها فانه يرسم
 في داخل الدائرة او خارجها مضلع ذو اضلاع كثيرة مثل ا ب ث د ه
 ثم ترسم مع غاية الضبط عدة اوجه صغيرة مستوية وهي متوازيات اضلاع
ا ب ا و ب ب ث الخ (شكل ٣) وتكون بقدر
 ما في القاعدة من الاضلاع ثم تصلح الاضلاع البارزة بواسطة القارة او القادوم
 او المنشار ونحو ذلك مما يصلح من الآلات لقطع السطوح المستوية متتبعين
 الاتجاه الطولي من مستقيمتين ا ا و ب ب و ث ث الخ المتوازية
 وتجعل الاسطوانة مستديرة وبهذه الطريقة تتحقق من توفر الشروط في سطحها
 لكونه متكونا من اضلاع مستقيمة ومتوازية لكن لا تتحقق من كون محيط
 السطح الحادث من هذه الاضلاع دائرة لان الاتساع الناشئ عن القارة
 والقادوم وغيرهما انما يكون في الجهة المستقيمة من الاضلاع لا في جهة المحيط
 المستدير

* (بيان اجراء العملية في صناعة صواري السفن) *

ينبغي ان يكون سطح هذه الصواري لاسيما الصواري العليا (اي القياسية

والبواقي (متمم من جهة الطول حتى يمكن ترخلق اطواق الرواجع
(المسماة باطواق التعشق بلا مانع) من اسفل الى اعلا وعكسه حول هذه
الصواري فن ثم يعمل الصانع الصواري على حسب الطريقة التي ذكرناها
انقا

الطريقة الثانية في صناعة الاسطوانة بواسطة المنحنيات المتساوية المتوازية
اذا كان المطلوب من مبدء الامر ان يتحقق من الامتداد في الجهة العمودية
على طول الاضلاع فاننا نستعمل اولا المخرطة ونرسم بهامع التوالي عدة دوائر
مثل ابث و ابث و ابث الى آخره (شكل ٤)
حتى يتألف من مجموعها شكل اسطوانى فيتحقق اذن ان السطح المصنوع
كامل الاستدارة ومتمم في الجهة المعترضة ولكن لا يمكن باى وجه من الوجوه
ان يتحقق من الامتداد في الجهة الطولية

(بيان صناعة اخشاب الرماح وقضبان الطمار) *

قد شاهدنا في ترسانات انكلترة انهم يستعملون الطريقة الآتية في خرط
السطوح الاسطوانية وحاصلها ان تأخذ من مبدء الامر منشورا من الخشب
بقدر اربعة اشبار او ثمانية ثم تدفعه في داخل القارة المستديرة فبجبر دسره
وتحركه ليكون مستديرا بجديد القارة وبهذه الطريقة يتألف سطح اسطوانى
محكم الاستدارة اذا كان المنشور كامل الاستقامة لكنه يكون غير لين رأسا
اولينا قليلا اذا كان قضيب الخشب مائلا من بعض الجهات
واذا كان المطلوب عمل سطح اسطوانى مع الدقة لزم ان يتحقق من الامتداد
في كلتا الجهتين وهالك ما يمكن عمله وذلك بان نوجه آلة الخرط الحادة بواسطة
دليل مواز لمحور الاسطوانة بحيث يكون سن الآلة على بعد واحد من هذا
المحور فاذا ثبت ان سائر الدوائر مساوية لبعضها وان الاضلاع مستقيمة
الخطوط مع غاية الضبط

(اجراء العملية في التكميعات والتشيكات وغيرهما) *

قد تكون الطريقتان اللتان يمكن بهما تركيب الاسطوانة من حيث هي مستعملتين في رسم سطوح الضوء الاسطوانية كسطوح التجميعات والتكعيبات فتستعمل لرسم الاضلاع خيوطا او قضباناً من حديد او اعمدة من خشب او حبال بسيطة ممتدة على خط مستقيم وقد تكون الطارات المأخوذة من مادة واحدة دالة على المنحنيات المتساوية الموازية لتساعد في الاسطوانة اذا كان قدر هذه الطارات وانحنائها واحداً ثم نلحم او نلصق بواسطة السلوك المعدنية او غيرها الاضلاع والمنحنيات في كل نقطة تتقاطع هي فيها وبذلك يكمل رسم السطوح الاسطوانية ولذا تجعل الابراج واعمدات التكعيبات والاقصصة والتقف وغير ذلك على صورة شكل اسطواني ويمكن رسم الاسطوانات المعلومة الشكل بان نجتمع عدة اسطوانات صغيرة بجوار بعضها ونلصقها في الخارج بواسطة طارات او سيور مستديرة وذلك كالزنايل المستعملة في الاشغال الحربية والحرب المضمومة الى بعضها التي يكون القصد منها الزينة والمنفعة او غير ذلك

ومن القنون ما يكون ان فرض الاصل منه صناعة السطوح الاسطوانية بان نثني السطوح المستوية المتواصلة (راجع السطوح المنفردة في الدرس العاشر)

فلذا خذ صانع آلات الكيل الواحاً مصلحة ومعمدة يكون سمكها رقيقاً من جميع جهاتها حتى يمكن انشاؤها على حسب الصورة وابعاد المعايير المتنوعة كالهكتوتر والدبكاترو الترو وهم جروا وكان اسم المديطلق على المعيار اقديم الاسطوانة المستعمل في ككيل الحبوب ويسمى صانعه في اصطلاحهم صانع المد

ويمكن للصانع ان يتحقق من الصورة الاسطوانية للامداد بان يجعل مقعرها مستوياملاً كقعر البراميل وفي الغالب يكون الطرف الاعلا من هذه الامداد محاطاً بآلة من الحديد لها قطر او قطر ان من الحديد ايضاً وهذا هو منشأ عدم اختلال المعيار وعدم تغير صورته وهيئته

وفي الغالب يصنع النحاس والسكري بواسطة صفائح رفيعة جدا من النحاس
او الصفيح الايض او نحو ذلك سطوحا اسطوانية اسهل صناعة من جميع
السطوح المتخنية المطلوب عملها وذلك كاتاييب المداخل والميازيب وغيرهما
وان اعلم كل من هذين الصانعين قطر كل انبوبة وطولها يسهل عليه عادة
معرفة محيط هذه الانبوبة الذي يعرف به عند ضربه في الطول سطح صفائح
النحاس والصفيح وغيرهما اللازمة للصانعين المذكورين

وينبغي لنا ان نضيف اولا الى محيط الانبوبة عرضا يساوي التحام جزئي
كل صفحة يلزم التحامها لاجل تركيب الاسطوانة وثانيا نضيف الى كل
من اطوال الاناييب قدر يساوي طول تعشق طرفها

وينبغي أن تكون قدور الآلات البخارية معدودة من جملة الاشغال المهمة
التي يصنعها النحاس على صورة الشكل الاسطوانى الان قاعدة هذه القدور
تكون غير مستديرة (راجع شكل ٥) ويلزم لاجل جمع صفائح النحاس
المتنوعة التي يتركب منها القدر الكبير استعمال المسامير الاسطوانية المزودة
التي تدخل في الصفائح مع الضبط والاحكام بحيث لا ينفذ منها ولا من الصفائح
الداخلية فيها جزء من البخار ويتوصل الى ذلك بواسطة اربعة محارير او خمسة
تكون على بعد واحد من بعضهما وموالتا منها قالب واحد يمكن صعوده وهبوطه
على التعاقب بواسطة الآلية ميكانيكية قوية جدا وقد تكون الصفحة التي يصنع فيها
الثقوب الداخلة فيها المسامير المزودة موضوعة على بروز وهذا البرواز
لا يتحرك عند انخفاض القالب لتكون جميع المحارير ثابتة للصفحة على البعد
المطلوب واتما عند ارتفاعه بعد عمل الثقوب الاسطوانية فتمتد الصفحة على
طول بحيث تكون المحارير عند انخفاضها ثانيا ثابتة للثقوب الاربعة
والخمس الآتية على البعد الموافق للثقوب المتقدمة

وليس استعمال هذه الطريقة مقصودا على مجرد تجهيز جمع الصفائح المعدنية
التي يتركب منها القدور الكبيرة البخارية بل تستعمل ايضا في جمع الصفائح
المستعملة في صناعة غطاء السفن الخارجية المتخذ من الحديد وصناديق الماء

النازلة في البحر المخترة عن قريب

ولنبه في شأن هذه الصناديق المتخذة من الحديد التي يكون شكلها مكعبات
او منشائر مستطيلة ناقصة على ان اضلاع هذه المكعبات والمنشائر تكون حادة
ومتخذة من صفائح مستديرة على شكل ربع اسطوانة قائمة مستديرة
ايضا

ويصنع كل من صانعي الرصاص والمزمارنايب ذات شكل اسطواني ولاجل
عمل هذه الانابيب يمكن ان تنني كما ينسجها النحاس والسعكري وتسحب بواسطة
المسحبة

(بيان صناعة الاسطوانات)

(بالماء والسحب)

لنذكر لك هنا الطريقة المستعملة في ترسانة مدينة قطام لصناعة
اسطوانات مجوفة من الرصاص يكون سمكها وقطرها معلومين

وليكن **أ ب ث د** (شكل ٦) هي الاسطوانة المصبوبة التي يكون
قطرها هو القطر الداخلي للاسطوانة المجوفة المطلوب تحصيلها فصب اولاً
حول الاسطوانة او حول قالب متحد القطر اسطوانة من الرصاص اغلظ

واقصر من الاسطوانة المطلوب عملها وتدخل اسطوانة **أ ب ث د**
المصبوبة في الاسطوانة المجوفة ثم تغربا لثنتين في المسحبة التي تضيقها في جميع
المرات وبثأثير هذه المسحبة ترق الاسطوانة المجوفة وتنسبط اذا كان قطرهما

الداخلي هو قطر اسطوانة **أ ب ث د** وتجعل لها بالتدريج سمكاً ملائماً
لها فيحصل من هذه الطريقة اسطوانات استقامتها محققة في كلتا

الحالتين اذا كانت اسطوانة **أ ب ث د** مصنوعة مع الضبط
وقد تكون السالوك المعدنية بحسب سمكها وغلظها وكذلك قضبان الحديد
المستديرة اسطوانات مصنوعة من تحويها الى قطر مناسب بواسطة آلة المد
والبسطة وتدخل من وسط ثقب مستديرة يطلق عليها اسم المساحب وتضفر

هذه الثقوب المستديرة شيئاً فشيئاً لاجل جعل سمك القضيب او السلك بالتدريج في كل عزم

(بيان صناعة الاسطوانات بالسبك والصب في القالب)
وهي صناعة انابيب الحديد المصبوب المستعملة في الممالك الافرنجية لاجل تسليك المياه والغاروالا نابيب المستعملة لطلبات المياه والهواء والبخار وغير ذلك

(بيان صناعة الاسطوانات بالنقب)
يكفي في عمل الانابيب صناعة الصب وذلك كالانابيب المستعملة في جريان المياه التي لا يحتاج فيها الى اشكال محكمة الضبط بخلاف الانابيب المحتاجة للضبط الهندسي كالانابيب الطلبات وكذلك داخل المرفع والابوس والهون فانه ينبغي فيها غالباً اتباع الطرق الصعبة لعملية النقب (راجع السطوح الدائرية في الدرس الثاني عشر)

(بيان صناعة الاسطوانات بالنشر)
يمكن عمل الاسطوانة بالنشر وهو على وجهين الاول ان نجعل الجسم المطلوب نشره ثابتاً ونقرب منه المنشار بالتوازي لانهما معلوم بشرط ان يكون تابعا لمنحن مرسوم قبل ذلك وهذا هو ما يفعله نشارو الطول الوجه الثاني ان نجعل المنشار صاعدا اوهابطاً في اتجاهه الاصلي من غير ان يتقدم او يتأخر ونجعل للجسم المطلوب نشره حركة ماثلة مناسبة وبهذا الوجه تصنع السطوح الاسطوانية في دوالب النشر

(بيان صناعة الاسطوانة عند المعمارية)
اذا اراد البنائون عمل سطح اسطوانى كقوسرة الباب والقبعة او عين قنطرة او غير ذلك فانهم يصنعون اولاً من الخشب سطحاً اسطوانياً مجوفاً مجوفاً تاماً متحداً مع محيط القوسرة المطلوب صناعتها ويركبون من مسافة الى اخرى شكلاً كثير الاضلاع مثل ا ب ث د هـ (شكل ٧) يكون داخل محيط القوسرة المذكورة ويجعلون لهذا المضلع عدة من الاضلاع الكبيرة

ليحدث قطع دائرية سهلة الامتلاء بواسطة القوسرة بدون احتياج الى كثير من الاخشاب ثم يلائون هذه القطع بقطع من الخشب يضعون عليها اخشاباً قائمة متلامسة تظهر من احدا اطراف الشكل السابع فيتصل من اعلا هذه الاخشاب السطح الاسطوانى الذى يضع عليه البناءون اجار القبة المعروفة عندهم باسم اجار العقد

(بيان مساحة سطح الاسطوانات)

يمكن ان نعتبر سطح الاسطوانات كتركيب من اضلاع كثيرة يمكننا معرفتها عند رسمها بجوار بعضها على قدر الامكان وان نعتبر الاسطوانة كمنشور منته بعدة اوجه صغيرة ضيقة جداً

وحينئذ يكون محيط قاعدتها مضلعاً يلتبس علينا بالمضلع المستعمل قاعدة للمنشور

فاذا كانت الاسطوانة قائمة فان سطحها (من غير اعتبار قاعدتها) يكون مساوياً لمحيط احدى هاتين القاعدتين مضروباً فى ارتفاعها ويكون السطح الكلى للأسطوانة القائمة المستديرة وكذلك سطح القاعدتين مساوياً لمحيط احدى القاعدتين المذكورتين مضروباً فى امتداد المضلع زائداً طول نصف قطر احدى القاعدتين

ويمكن ان تقطع سطح الطول فى منشور $ا ب ث د$ الخ $ا ر ش د$ الخ (شكل ٨) على حسب ضلع $ا ا$ وندير بالتوالى كل وجه صغير مثل

$ب ر ث$ و $ث ش د$ الخ لنضعه فى مستوى $ا ا ب$ فيحصل معنا شكل مستو متألف من متوازيات $ا ا$ و $ب ب$

و $ث ث$ الخ (شكل ٩) ومن اضلاع $ا ب$ و $ب ث$

و $ث د$ و $د ه$ الخ و $ا ر$ و $ر ش$ و $ش د$ و $د ه$ العمودية على هذه المتوازيات وهذا هو الذى يستدعى ان يكون

أ ب ث د ه الخ و ا ر ش ذ ه الخ خطين مستقيمين متوازيين
وعوديين على اضلاع $\overline{ا ب}$ و $\overline{ب ر}$ وهلم جرا ويطلق على المستطيل
المحصل بهذا الوجه (شكل ٩) اسم افراد محيط المنشور فيكون سطح
المنشور منفردا لان هذا الافراد يمكن استعماله بدون بسط لاجراء سطوح
 $\overline{ا ب}$ و $\overline{ب ر}$ ث $\overline{ا ر}$ الخ او تضيقها لتبقى متجاورة وتضيق
سطحا مستويا مستمرا وسنذكر لك في شأن سطوح الافراد دروسا تخصها
ومن جملة هذه السطوح الاسطوانة التي يمكن اعتبارها كتناسير اضلاعها
لا تنحصر

ولتضع في الاسطوانة القائمة (شكل ٨) قطعين مائلين متوازيين مثل
م ن ح ح و م د ع ع ثم تقس السطح الاسطوانى المنحصر
بين القطعين المذكورين فيظهر حيثئذ ان اجزاء اضلاع م م و ن د
و ح ع و ح ع الخ اذا كانت خطوطا مستقيمة متوازية منحصرة
بين مستويين متوازيين تكون متساوية فعلى ذلك اذا اعتبرنا الاسطوانة
كمنشورها عدة اوجه صغيرة فان سطوح الاشكال المتوازية الاضلاع الدالة
على كل وجه صغير تكون هكذا

$$\text{سطح م م د ن} = \overline{ا ب} \times \overline{م د}$$

$$\text{سطح ن د ع ح} = \overline{ب ر} \times \overline{ن د} = \overline{م م}$$

$$\text{سطح ح ع ع ح} = \overline{ش د} \times \overline{ح ع} = \overline{م م} \text{ الخ}$$

فيثبت ان يكون سطح م ن ح ح و م د ع ع = ا ب ث د

\times م م اعنى انه يساوى محيط قاعدة ا ب ث د الخ مضروبا
في طول احد اجزاء الاضلاع المحصورة بين المستويين المتوازيين

واذا اريد مساحة سطح الاسطوانة الناقصة وهى ا ب ث د الخ

و م ن ح ح الخ (شكل ٨) فانه ينبغي مذل سطح الاسطوان
بتعيين كل من اضلاع ام و ب ث و ث ح الخ على حسب
طوله ونخذ على المذ (شكل ٩) سطح ا ب ث د الخ
و م ن ح ح ح الخ

فاذا فرضنا ان الاسطوانة منشورة عدة اوجه صغيرة متساوية وكان ا ب
= ب ث = ث د تحصل معنا سطح الاسطوانة الناقصة وهي
ا ب ث د الخ و م ن ح ح ح الخ = ا ب (ام
+ بن + ث ح + د ح الخ) بمعنى ان عرض احد
الاجه الصغيرة مضروب في مجموع اضلاع هذه الاجه

(بيان مساحة حجم الاسطوانات)

اذا اعتبرت الاسطوانة كنشور مركب من عدة اوجه صغيرة رأيت حجمها
يساوى سطح قاعدتها مضروبا في ارتفاعها
وحيث ان قاعدة الاسطوانة القائمة المستديرة دائرة فمساحتها مساوية لحاصل
ضرب محيطها في ربع قطرها
فاذن يكون حجم هذه الاسطوانة مساويا لمحيط القاعدة مضروبا في نصف قطر
هذه القاعدة وفي ارتفاع الاسطوانة المذ كورة

وحيث ان المنشير المائل او القائمة التي قاعدتها واحدة وارتفاعها ايضا
واحد متساوية في الحجم فالاسطوانات القائمة او المائلة التي قاعدتها واحدة
وارتفاعها كذلك متساوية الحجم ايضا ويمكن بغاية السهولة تحديد حجم
الاسطوانة الناقصة القائمة المستديرة وليكن ا ب ث (شكل ١٠) الدائرة
المستعملة قاعدة لهذه الاسطوانة و و د محورها فيكون حجم الاسطوانة
الناقصة التي هي ا ب ث هـ ف الخ مساويا لسطح القاعدة مضروبا في محور

و بمعنى انه يكون مساويا للجسم الاسطوانة القائمة التي ارتفاعها $و$
 وبرهان ذلك ان قرض اسطوانة $ا ب ث ا م$ $ش د$ التي قاعدتها العليا
 موضوعة في مركزها وهو $و$ وتقول ان جسمي $ام د ه و$ $ش م ن ف$
 متساويان ونلاحظ لاجل ذلك من مبدء الامر ان $و ه ي$ مركز دائرة $ام ش د$
 فيقسم قطر $م و د$ هذه الدائرة الى جزئين متساويين

فاذا ادبرنا جسم $م د ه و$ حول $م د$ كادارة اللولب بقدر زاويتين قائمتين فان
 نصف دائرة $م د ا$ ينطبق على نصف دائرة $م د ش$ وتكون جميع اجزاء
 الاضلاع مثل $ا ه$ الخ منطبقة على اضلاع $ش$ الخ وبالجمله فمستوى $م د ه و$
 ينطبق على مستوى $م د ف$ فاذن يكون الجسمان منحصرين بين ثلاثة سطوح
 تطبق على بعضها وببناء على ذلك يكون حجمها واحدا غير ان الاسطوانة
 القائمة ترتد على الاسطوانة الناقصة وهي $ا ب ث ه ف$ بقدر $م د ا ش$
 وتنقص عنها بقدر $م د ش ف$ فاذن يكون الاسطوانتان متساويتين
 في الحجم وقياس احدهما قياس الاخرى

وكذلك يوجد في دائرة $ا و ب$ (شكل ١١) قطاعات بقدر
 ما في الاسطوانة من القطاعات التي قاعدتها هي قطاع الدائرة والتي تنتهي من
 جهة $ا ب ر ا$ بنفس السطح الاسطوانى ومن الجهتين الاخرين بمستويي
 $ا ا د و و ب ر د و$ المارين بمحور الاسطوانة الذي هو $و$

وقد تكون قاعدة قطعة الاسطوانة قطعة دائرة $ا ب ث$ (شكل ١٢)
 ويكون محيطها اولاجزاء $ا ب ر ث ا$ الاسطوانى وثانيا مستوي
 $ا ب ر ا$ الموازى للمحور والذي صورته على صورة شكل متوازى
 الاضلاع

(اجزاء عليية خواص الاسطوانة في تحديد الظلال)

اذا وصل اشعة الشمس اليها كانت متوازية تقريبا بحيث يتعذر على الآلات

الحكمة ان تبين ما يظهر من الاختلاف الموجود في اتجاه شعاعين شمسين
نازلين على بعد واحد عظيم من بعضهما وذلك كهايتي عمارة كبيرة متقابلتين
ولذا نعتبر اشعة الضوء الخارجة من الشمس كأنها محكمات التوازي

فإذا كان باب اوشبالك اوقبوة على هيئة قوس دائرة **ا ب ث د ه**

(شكل ١٣) مضياً بالاشعة الشمسية التي هي **ا ا ب - و ث**

و د ه و **ه ه** فان هذه الاشعة خطوط مستقيمة موازية لبعضها

تربط الدائرة وترسم شكل اسطوانة او منشور قاعدته **ا ب ث د ه**

وهذه الاسطوانة تفصل الجزء المضيء بالشمس من داخل الباب والنبالك

او القبوة من الجزء الموضوع في الظل

وتكون الاسطوانات بسبب شكلها ووضعها من اعظم المهمات اذا اقتضى

الحال تحديد الاجزاء المصينة والاجزاء الموضوع في الظل في رسم العمارة

والتصوير وجميع فنون الرسم وسنن في الدروس الآتية الطرق المستعملة

في حل المسائل الاصلية الخاصة بالظلال على وجه هندي

(اجراء عملية خواص الاسطوانة في الهندسة الوصفية)

اعظم استعمال خواص الاسطوانة النافعة هو استعمال سطح هذه

الاسطوانة لكونه يبين رسم الخطوط المنحنية او مساقطها على مستويات

فإذا فرضنا في الفراغ خطاً منحنياً مثل **ا ب ث د ه** الخ (شكل ١٤)

واردنا رسمه على مستوى المسقط وهو **م ن ح ح ح** فالتأخذ من كل نقطة

من هذا المنحنى خطاً عمودياً الى هذا المستوى ويكون من تتابع نقط

ا ب و ث و د ه الخ التي تكون مواقع الخطوط العمودية

على المستوى المذكور خط منحنى يدل على الرسم الهندسي او على مسقط منحنى

ا ب ث د كما قيل

وفي العادة يرسم كل منحنى على مستوي **م ن ح ح ح و ح ح ح** رض

العمودين على بعضهما بشرط ان تكون خطوط المسقط التي هي

١١ و ب - و ث ش الخ العمودية على المستوى الاول موازية

للمستوى الثاني وخطوط ١١ و ب - و ث ش العمودية على

المستوى الثاني موازية للمستوى الاول فاذن يكون مسطحا ا ر ش د ه

و ا ر ش د ه كافيين في التحديد التام لنحني ا ب ث د ه الخ الحادث

منهما كما ستري ذلك عند تقاطع السطوح

وقد عرفنا انه بواسطة المستوى يمكن تركيب الاسطوانات وصناعتها

وبالعكس بمعنى انه يمكن بواسطة الاسطوانات تركيب المستويات وصناعتها

(بيان استعمال الاسطوانة في الزراعة)

اعلم انه بواسطة الاسطوانة التي نديرها في طريق حدثت فيها الرمال عن قريب

او على خضرة او ارض محروثة حرثا جيدا نهد الاجراء البارزة حتى

تساوى الاجراء المنغمسة اى الداخلة ونهد الارض حتى يحدث عنها

سطح مستو

(بيان استعمال الاسطوانة في رقيق القطير)

يستعمل الخيل اسطوانة من الخشب تسمى بالنشابة وذلك بان يدحرجها

ويضغطها ويدفعها بيديه كي يرقق بها العجين حتى يصير منتهيها من اعلاه

واسفله بسطح مستوية

(بيان الاسطوانات المركبة اعني آلات الخلق)

يستعمل في احداث سطوح مستوية اسطوانتان مركبتان يكون محوراهما

متوازيين وهذا يتم فعلمنا استعمال اسطوانة واحدة وليكن

ا ب و ا - (شكل ١٥) هما محور الاسطوانتين المركبتين بشرط

ان يمكن قربهما او بعدهما عن بعض على حسب المطلوب فاذا كان المحوران

موازيين لبعضهما مع الاتقان وكانت الاسطوانتان مصنوعتين مع الضبط

المطلوب فانهما يكونان دائما على بعد واحد من بعضهما واذا مررنا بعد تمام

ذلك بين الاسطواناتين بلوح معدني اوشئ آخر من المعادن قابل لتمديد
فان هذا اللوح يؤول الى السلك المعين بالبعد الاقصر الموجود بين الاسطواتين
المذكورتين

فاذا قربتا الاسطواتين من بعضهما يسيرا بعد مرور اللوح بينهما اول مرة
لنغزبه ثانيا بينهما فالتساوي هذه تمهيدا مساريا ومناسبا لهذا التقرب واذا اتينا
على هذه الطريقة وتبعناها فالتساوي لرقق اللوح شيئا فشيئا ترققها مناسبا
للسلك المطلوب وهذه هي فائدة آلات الخلع

(بيان استعمال الاسطوانات في عمل الورق)

قد احدثت الصناعة في هذا المعنى جملة عمليات من خواص الاسطوانات
وهي ان كل اسطوانتين مغطاتين بالجوخ يضغطان مادة الورق ويجعلانها
فراخا مستطيلة على قدر المطلوب ولهذا كان يسمى بالورق الجائر

(بيان استعمال الاسطوانات في صناعة الطبع)

تضع حروف الطبع اللازمة لطبع اي فرخ كان على اسطوانات ذات قطر كبير
وتكون هذه الاسطوانات متحدة مع اسطوانات اخرى مغطاة بالجلد
ومدهونة بالخبر الذي تلمق منه كمية معلومة على حروف الطبع ثم تمر فرخ من
الورق المصقول بين هاتين الاسطواتين اللتين عليهما الحروف فينطبع فيه
صورة تلك الحروف وهذه الطريقة التي يحصل بها الطبع مع غاية السرعة عامة
النفع لاسيما في نشر الجرائد التي يلزم جمعها ونشر اوراقها في مدة قليلة من
الزمن ولولم يبلغ ما بلغ مقدار النسخ المطلوبة من هذه الجرائد

ونستعمل هذه الاسطوانات ايضا في رسم جملة من الاشكال على الاقشة
وكيفية ذلك ان تنقش على اسطوانات متحدة من النحاس الالوان المطلوب
طبعا

(بيان طبع الليتغرافية على الحجر)

لا تستعمل في الم لازم الليتغرافية الاسطوانة واحدة وذلك بان يكون الفرخ
المطلوب طبعا موضوعا على الحجر بعد تمام الرسم وتنقشه بالخبر ثم تمر عليه

اسطوانة أخرى فتؤثر فيه تأثيراً متساوياً في كل جزء من اجزائه فينشأ عن ذلك
تسوية الطبع ونظرافته

(بيان الطبع بالنقش)

إذا اريد النقش بالواح من النحاس فالتأثير بكل من اللوح المستوي وفرخ
الورق الذي تنطبع فيه النقوش بين اسطوانتين يضغطان احدهما فوق
الآخر

* (بيان استعمال الاسطوانات المزدوجة) *

* (في صناعة الحديد وجعله قضباناً) *

بعد أن نخزن كتلة من الحديد الغنيم نحسينا جيداً على حسب الطريقة
القديمة المستعملة الى الآن في سائر بلاد أوروبا لصناعة الحديد نضعها على
سندال ثم ندق عليها بمطرقة ثقيلة تنقي خبث الحديد الذي في هذه الكتلة
فبجدث بواسطة هذه المطرقة مناشير او قضبان من الحديد تكون صورتها
تامة او ناقصة على حسب تأثير المطرقة فيها وقد استعمل الانكيز منذ
سنوات الاسطوانات المزدوجة لتكون مع الانتظام التام عوضاً عن شغل
المطرقة الخشبي وذلك بان نقرض زوجين من الاسطوانات المضلعة بحيث يتولد
عنهما انحرافات تكون اشكالها على هيئة الاشكال المعينة الصغيرة
بالتدريج كما في (شكل ١٦) او على صورة الاشكال المستطيلة القليلة
العرض مع التدريج ايضا كما في (شكل ١٧) وبعد ان فضع الكتلة المذكورة
بالمطرقة على قدر الامكان نمر بها بين الاسطوانتين وعلى انحرافات
١ و ٢ و ٣ التي تقص غلط تلك الكتلة وتجعلها قضباناً مربعة او مستطحة
ولهذه الطريقة منفعة عظيمة في كونها تبسط مع الانتظام التام الحديد وتمده
وقد شرعوا في استعمال هذه الطريقة في بلاد فرنسا لكن لسوء الحظ
لم تستعمل الا في قليل من الورش الصغيرة جداً

* (بيان استعمال الاسطوانات في ندف القطن) *

قد استعملت الاسطوانات مع النجاح في ندف القطن والصوف وكذلك في تحمिल

التيل والكتان

وقد تكون الاسطواناتان الموضوعتان بالتوازي (شكل ١٧) مشحونتين بانحراس مسننة مغروسة مع الانتظام على سطحهما بحيث تدخل اسنان احدهما بالسهولة بين اسنان الاخرى وعندما يدخل القطن او الصوف او الكتان او التيل بين الاسطواتين المذكورتين اللتين يتحركان بحركة مضادة او متحدة الا انهما يختلفان في السرعة تمتد خيوط هذه الاشياء بالتوازي ويتألف منها عنبر وورهما من الاسطواتين طارة مستوية تسمى آلة الندف
(بيان استعمال الاسطوانات في غزل القطن)

(والتيل ونحو ذلك)

كيفية ذلك ان تؤلف اسطوانة قائمة مستديرة مثل **آ ب** مع اسطوانة مخططة مثل **ث د** (شكل ١٠) فتكون الخيوط مشدودة بين اسطواتين اوليين وتكون ايضا مشدودة مع السرعة بين اسطواتين اخريين موازييتين للاوليين فينشأ عن ذلك امتداد جزء الخيط الموضوع بين زوجين من الاسطوانات بالنسبة لاختلاف سرعة زوجين آخرين منها فاذا امتدت الخيوط بهذه الكيفية صارت رفيعة جدا وهذا هو احدى القوائد العظيمة الموجودة في آلات الغزل المستعملة الآن

وحيث كانت صناعة الاسطوانات المخططة من جملة العمليات النفيسة في الصناعة فهي مستلزمة للضبط والاحكام ثم ان خطأ التوازي الموجود في التخطيط واحتلال اقطار الاسطوانات وان كانا قليلين جدا الا انهما يحدثان في الخيوط الرفيعة اختلافا ينشأ عنه انعدام ثمره متانة الخيوط والتساوي الملايم لرقتها

(بيان تخطيط الاسطوانات)

يستعمل لاجل ذلك آلة صالحة لتقسيم الدائرة الى اجزاء متساوية على حسب الطرق التي تكلمنا عليها في الدرس الثالث

وبعد ان بين الانسان عدد الخطيط ويقف على دائرة التقسيم الناشئ عنها
هذا العدد يتبدى بعمل تخطيط اولي بواسطة آلة قاطعة متوجه على امتداد
دليل مواز مع الصحة والضبط لمحور الاسطوانة ثم ترجع القهقري وبعد عمل
التخطيط الاول تقدم دليل تقاسيم الدائرة من نقطة معلومة فتظهر الاسطوانة
في وضع مناسب لعمل التخطيط الثاني الذي يعمل ايضا بواسطة هذه الآلة
القاطعة وهلم جرا

وفي الغالب تركب الاسطوانات بطريقة اخرى وذلك بان ندخل اسطوانة مجسمة
في اسطوانة مجوفة كما في حركة المكابس في الطلمبات (شكل ٢٠) وحركة السدادات
في الزباجة وحركة جرسي الابارة (شكل ٢١) او علب النشوق المستديرة
(شكل ٢٢) وغير ذلك

ويستعمل في ذلك ايضا الاسطوانات المجوفة المتعشقة ببعضها مع الضبط
كما في النظارات التي تنظر بها الالعب ونظارات البحارة التي تنبسط على حسب
المطوب كما في أ ب (شكل ٢٣) وتنقبض كما في ا - فاذن يتضح لنا
ان سهولة حركة تعشق آلات هذا النوع وضبطها تتعلق باستكمال صناعة كل
اسطوانة مجوفة داخلية كانت او خارجية

ثم ان الانكليز يجمعون بواسطة تعشق الاسطوانات الخطوط الطويلة من
الانابيب المستعملة لتسليك مياه ملتهم وقد يتخذ الحديد امتدادا محسوسا
بالكافية عند شدة الحرارة ويقبض انقباضا مضاهيا لامتداده عند ضعف هذه
الحرارة فاذا كانت الانابيب موضوعة بالحرر على طول عظيم بدون ان تتحرك
اطرافها بلا مانع فانها تنكسر قعين لاجل اجتناب هذا الضرر احد
طرق كل انبوبة باسطوانة مثل اسطوانة أ ب د ه التي هي اعرض من
جسم انبوبة ث ف (شكل ٢٤) وندخل في هذا الجزء العريض
طرف الانبوبة الصغير الذي هو م د وهذا الادخال كاية عن كون
الانبوبتين يمكن ادخال احدهما في الاخرى وان كان هناك التمام يجمع

بينهما وبصير ان ماتلين بهذه الكيفية سواء كان ذلك بواسطة الانبساط
او الانقباض المتولد من تغير الحرارة

(الدرس التاسع)

(في ان السطوح المخروطة)

السطح المخروط مثل ض ا ب ث د ه (شكل ١) يرسم
بواسطة خط مستقيم مازداً ثمانية نقطة ض ومتكئ على ا ب ث د ه
فتكون مستقيبات ض ا، ض ب، ض ث الخ هي اضلاع
المخروط وتكون نقطة ض رأسه

ففي الصورة التي يكون فيها رأس ض ومنحنى ا ب ث د ه على
مستوى واحد يكون سطح المخروط هو سطح المستوى المذكور ولذا اذا دار قوس
في الميدان فان النير الذي هو خط مستقيم ممتد من عمود الميدان الى النقطة
التي يربط فيها القوس المذكور يرسم مخروط ض ا ب ث د ه الخ
(شكل ٣) وهذا اذا كان الرأس خارج منحنى ا ب ث د ه الخ
المقطوع بنقطة ربط القوس فاذا كان النير اقنيا كان هذا المخروط مستويا
لان رأس ض موضوع في مستوى دائرة ا ب ث د ه التي يقطعها
القوس فاذا تكون اضلاع ض ا، ض ب، ض ث الخ
انصاف اقطار لهذه الدائرة

ثم ان المهندس يعتبر المخروط (شكل ١) كسطح منحن ممتد من كلا
طرفيه الى ما لانهاية وكذلك الخطوط المستقيمة التي هي اضلاعه * والمخروط ان
الحاد ثان من جزمى كل ضلع الموضوعان امام الرأس وخلفه يعتبران ايضا
كسطح واحد منحن ويقال لهذا الرأس مركز المخروط لكون المخروطين
المذكورين يكتسفا منه من الجهتين الباقيتين

وقد اسبنا لنا من الصناعة بعض امثلة من هذه المخاريط الكاملة اى

المزدوجة فن ذلك المنكباب (شكل ٢) المستعمل في السفن لمعرفة الزمن فانه متركيب من مخروطين منتظمين على الوجه المبين في الشكل المذكور وبعد مضي مدة مجعولة وحدة للزمن ينزل الرمل بتمامه من المخروط الاعلا الى المخروط الاسفل ثم يعقد من وحدات الزمن بقدر مرات ادارة المنكباب

وفي الفنون يكون للخاريط امتداد محدد دائما ولا يعتبر منها على الاطلاق

الاجزء واحد كطية ض ا ب ث د (شكل ١)

فاذا كان المخروط منتبيا بمسطح مستو مثل ا ب ث د ه (شكل ١) فانه يطلق على هذا المسطح اسم قاعدة المخروط وقرض في هذا الدرس ن كل مخروط يكون منتبيا بقاعدة مستوية

فالمخروط القائم المستدير او المخروط المنتظم الذي هو اسهل الخاريط هو

الذي تكون قاعدته هي ا ب ث د ه ف (شكل ٣) دائرة

ويكون رأسه وهو ص موضوعا على محور الدائرة المرموز اليه بحرف

ض و المستقيم وهذا الخط ايضا هو محور المخروط

وتكون قاعدة المخروط المستدير المائل (شكل ٥) دائرة الا ان اضلاعه

لا تكون مساوية لبعضها ولا يكون خط ض و المستقيم الممتد من

الرأس الى مركز القاعدة عمودا على مستوى هذه القاعدة

وحيث كانت اضلاع ض ا و ض ب و ض ث مائلة

ومتساوية البعد من خط ض و العمودي على مستوى الدائرة في

المخروط المنتظم (شكل ٣) فانها تكون متساوية فاذن تكون جميع

اضلاع هذا المخروط متساوية ايضا ويتألف منها مع المحور زاوية

واحدة

ولنفرض ان هنالك مخروطا حادثا من عمليات الفنون نرسم عليه عدة اضلاع دقيقة بحيث لا يظهر منها سوى منظر سطح كامل الامتداد مشحون بخطوط صغيرة لا يبعد بحيث يعسر علينا مشاهدتها وهذا السطح المركب من عدة مثلثات مستوية صغيرة موجودة بين عدة اضلاع مختلفة ليس بمعايرها للخطوط الهندسي فاذا اخذنا واحدا من هذين السطحين عوضا عن الآخر وكان فيه خطأ فان ذلك الخطأ يكون قليلا جدا بحيث لا يمكن رؤيته وبصير كالا شئ بالنظر الى الصناعة

وبناء على ذلك يعتبر المخروط دائما كالهرم ذي الالوجه الكثيرة المثلثية التي يكون عرضها صغيرا جدا وارتفاعها مختلط بطول الاضلاع فاذا ن تكون مساحات السطح والحجم المختصة بالاهرام (درس ٧) مستعملة في المخروط بلا مانع

فاذا كان المخروط القائم المستدير هراما منتظما فانه يتحصل اولا ان مجموع سطح الالوجه اى السطح المنحني من المخروط القائم المستدير يساوى حاصل ضرب محيط قاعدته في نصف ضلعه وثانيا ان مجموع السطح المنحني المستدير و سطح قاعدة المخروط القائم يكون مساويا لمحيط القاعدة مضروبا في نصف ضلعه زائدا ربع قطر القاعدة ويكون حجم اى مخروط كان مساويا لحاصل ضرب ثلث ارتفاعه في سطح قاعدته

فاذا قطعنا المخروط بمستوا مواز لقاعدته فاولا من ذلك مخروط ناقص تكون مساحته سطحه وحجمه ايضا كساحه الهرم الناقص وحجمه و سطح المخروط الناقص المنتظم يساوى نصف مجموع محيط قاعدتيه مضروبا في طول الضلع المنحصر بين هاتين القاعدتين

وبرهان ذلك انما اذا قطعنا هراما بمستوا مواز للقاعدة (شكل ٧) فان الهرم الصغير المنفصل بهذا القطع يكون مشابها للهرم الاكبر فاذا كانت هذه الخاصية صحيحة ولو بلغت اوجه الهرم الاكبر في العدد ما بلغت كانت صحيحة ايضا في المخروط وكذلك في سائر ما يتولد عنه من النتائج فاذا ننتج لنا اولا

اننا اذا قطعنا مخروطاً بمستو مواز للقاعدة فالتقاطع مخروطاً صغيراً مشابهاً
للكبير وثانياً انه اذا كان هناك مخروطان متشابهان فان سطح الجزء
المخفي منهما يكون مناسباً لمربع الخطوط المتقابلة في هذين المخروطين وذلك
كربع الاضلاع مثلاً وثالثاً ان سطح القاعدة يتكون مناسباً لمربع
الخطوط المتقابلة ايضاً ورابعاً ان مجموع المخاريط المتشابهة تكون مناسبة
لمكعبات الخطوط المتقابلة (شكل ٧)

ولنصنع مخروطاً ناقصاً مثل $AB\Gamma$ والمخروط $AB\Gamma$ (شكل ٧)
بان تقصّل مخروطاً صغيراً من مخروط كبير بمستو قاطع فيتحصل معنا مخروط
حجم المخروط الناقص بواسطة تقدير حجم المخروط الصغير وفرضه ثم نطرحه من
حجم المخروط الكبير وحيث كان كل من هذين الجسمين مساوياً لحاصل ضرب
القاعدة في ثلث الارتفاع فلا يكون في اجراء العملية صعوبة
واذا لم يكن المخروط قائماً ولا مستديراً او كان غير قائم فقط تعذر اخذ مساحة
سطحه بواسطة القواعد التي ذكرناها آنفاً

وينبغي لاجل اخذ مساحة سطح المخروط ان نحله الى عدة مثلثات $AB\Gamma$ في
في الضبط المطلوب ثم نجعل هذه المثلثات بجوار بعضها على مستو واحد فلذلك
جعلنا مثلثات $AB\Gamma$ و $AB\Gamma$ و $AB\Gamma$ من

(شكلي ٢ و ٥) في $AB\Gamma$ و $AB\Gamma$

و $AB\Gamma$ من (شكلي ٤ و ٦) فمن الجلي ان ان السطح

المخفي من المخروط يساوي سطح $AB\Gamma$ المخ المستوي وتكون
مساحة هذا السطح الاخير على حسب القواعد التي ذكرناها في الدرس
السادس

وبعد ان ينال القيسة اللازمة لسطح المخروط وحجمه نبث عما يستعمل
من هذه المخاريط في القانون فنقول

قد يستر المعمار والنجار العمارات المستديرة بخاريط قائمة مستديرة
(شكل ٨) يكون محورها هو محور العمارة المذكورة ويصنع الطوبجية
مدافعهم على صورة عدة مخاريط ناقصة تكون قاعدتها الكبرى جهة البورمة
وهي اسفل المدفع وكذلك صانع البرانيط يجعل قوالب البرانيط المعدة لرجال
الافرنج ونسائمهم على شكل مخروط تام او ناقص ويجعل اطرافها مستوية
او منحنية ولذا كانت البرانيط التي جرت عادة الفرج ياخذها للزينة
والرافاهية متنوع بتنوع ابعاد هذا المخروط التام او الناقص ويتنوع الطرف
ايضاً راجع (شكل ١٠ و ١١ و ١٢)

ويحدد صانع المزايير الجزء الاسفل من اناييه الاسطوانية بمخروط ناقص مثل
أ ب ض ط (شكل ١٣) وتكون الاناييب التي نعماتها كنغمات
الغفر ومجموعها يقال له حركة الغفر وهو أ ب ض ط (شكل ١٤)
مصنوعة بوجه تام على شكل مخروط ناقص

ويجسم المعمار لاجل المتانة اعمدة بانيته من مبداء القاعدة الى ثلث ارتفاعها
بان يتعس منها دأ ثما طول القطر من مبداء القاعدة المذكورة الى الجزء الذي
يكون عليه رأس العمود فاذا اريد صناعة اعمدة مرتفعة جداً بحيث لا يمكن
اخذها من حجر واحد فالتصويرها وتقسيمها الى عدة اجزاء بواسطة جملة
مستويات متوازية ثم تعتبر تلك الاجزاء المختلفة التي قسمنا اليها تلك الاعمدة
مخاريط ناقصة (شكل ١٥) وتقطع حينئذ كلام هذه الاجزاء المسماة
بالخرجات ونجمعها بمخاريط ناقصة بسيطة

وقد يجعل مهندس السفن صواري سفنه على شكل الاعمدة بان يتعس منها
على التدريج طول اقطارها من مبداء القاعدة الى الرأس
وفي صناعة المخروط كثير من الطرق المشابهة للطرق المستعملة في صناعة
الاسطوانة

فيمكن من مبداء الامر تأليف كثير الاضلاع المنتظم الذي هو أ ب ث د ه

ثم ان الطريقة التي ذكرناها انما ليست الا طريقة تقريبية فينبغي سلوك
طرق اخرى في صناعة المخروط مستمرة لا تنغرم اصلا
وحاصلها انه يمكن صناعة سطوح مخروطية بواسطة المخرطة وذلك بان توجه
الآلة القاطعة وهي **ح** (شكل ١٧) الى دليل **م** **ن** القائم الثابت الموازي
لضلع **أخ** فتتسم تلك المخرطة في كل وضع من الآلة المذكورة دائرة محورها
الخط المستقيم الذي يمر بطرفي المخرطة المذكورة ويكون من مجموع الدوائر
المرسومة بهذه الكيفية سطح مخروط مثل **ض** **أ ب ث** (شكل ١٧)
وبذلك يحدث معناد وامة **ض** **أ ث** (شكل ١٨)
ويمكن صناعة المخروط القائم المستدير بإدارة الخط الراسم اى المحدث حول
محور **ض و** (شكل ٣) ويحدث عن هذا الخط دوائر زاوية واحدة
مع المحور المذكور (راجع الدرس الحادى عشر)
وبهذا البيان يمكن احداث اى مخروط بواسطة خط مستقيم متحرك يزداد
بالنقطة المجمعة لرأس

(بيان استعمال آلة التصور)

تستعمل هذه الآلة لنقل صورة **أ ب ث د** الخ مع الضبط والاحكام
بان يدور قضيبة قائم حول نقطة **ض** الثابتة ويسكأ بأحد طرفيه على الرسم
الجانبى وهو **أ ب ث د** المذكور ويسند الطرف الاخر الذى فيه قلم
الرصاص المستن على ورقة مستطيلة يكون مستويها موازيا لمستوى الصورة
فاذن يكون المنحنى وهو **أ ر ش** الخ المرسوم بالقلم المذكور مشابها
للرسم الجانبى وهو **أ ب ث د** الخ

وبرهان ذلك ان نمذ **و ض د** (شكل ١٩) عمودا على المستويين
التوازيين من الرسم الجانبى وصورته فيكون **و و** وهما النقطتان

اللتان يتلاقى فيهما العمود المذکور مع هذين المستويين وقرض ان القضيـ
 المستقيم المستعمل في رسم الصورة في وضع من اوضاع تلك الصورة مثل
 اض ا و قد و ا و وا فتقول ان مثلثي اض و و اض و
 المستطيلين متشابهان وذلك لان زاوية اض و تساوي زاوية اض و
 لانهما متقا بلتان في الرأس وزيادة على ذلك او و او متواريان
 فاذن يكون مثلثا اض و و اض و متشابهين ويتحصل معنا
 هذا التناسب وهو

ض و : ض و :: ض ا : ض ا :: وا : وا ونبرهن
 ايضا على ذلك فتقول ان

ص و : ص و :: ض ا : ض ا :: ص ب : ص ب
 :: ض ث : ض ث :: ض د : ض د وهلم جرا
 و ض و : ض و :: وا : وا :: وب : وب
 :: و ث : و ث :: ود : ود وهلم جرا

فاذن تكون خطوط وا و وا و وب و و و و و
 الخ متوازية متنى وبناء على ذلك يكون ا ب ث د ه ف الخ
 و ا ر ث د ه ف الخ شكلين متشابهين وتكون خطوطهما المتناظرة
 موازية ومناسبة لابعاد نقطة ضه الثابتة والمستويي الرسم الجانبي
 وصورته فاذن يكون ذلك الرسم وهو ا ب ث د وصورته وهي ايضا
 ا ر ث د متشابهين

وهناك سطوح مرسومة بطبيعتها على صورة سطوح مخروطة ترسم بالة
 التصوير المسماة فيزيونوراس ورسمها بهذه الصورة ناشئ عن الاشعة

الخارجة من كل نقطة من قطب الضوء فان هذه الاشعة تدخل في العين بواسطة الحديقة وتتقاطع في نقطة **ض** (شكل ٢٢) حتى تصل الى سطح **ح** المسمى او الياف العين المشبكة بالشبكة وهذه الالياف هي الصورة التي تنطبع فيها المحيطات الطبيعية وتبقى فيها الوان الاشياء على ما هي عليه وقد ينتقل هذا التأثير الحاصل في الياف العين المذكورة الى الوتر البصري فيجوله الى الدماغ الذي هو محل العقل

فعند ذلك يتم عند الانسان وعند اغلب الحيوانات وضع النظر الجيب بواسطة السطوح المحروطة المرسومة في الفراغ وفي داخل العين بواسطة اشعة الضوء التي تخدنها الاجسام المضيئة في سائر الجهات بنفسها وبواسطة الضوء المنعكس في جميع الجهات

ثم ان جميع الكواكب المضيئة التي تظهر في السماء مدة ليلة معينة وكذلك سائر الاجسام التي يتولد منها صورة مقسعة في يوم محو تظهر في رأى العين بجميع نسبها واشكالها والوانها وتنوعاتها بواسطة الحاريط التي ذكرنا وضعها

* (بيان الاوضة المظلمة) *

ثم ان ارباب القنون والصنائع قد يفسجون في صناعتهم على منوال ما يتبعده القدرة الالهية فمن ذلك انهم اذا ارادوا رسم اوضة مثلا جعلوها على صورة حديقة العين كيلا يدخل فيها الضوء الا بواسطة زجاجة محدبة من الوجهين على شكل عدسى يشبه حديقة العين التي هي **ض** (شكل ٢٢) فيحول الضوء الاجسام والوانها واشكالها وحرركاتها الى جوانب هذه الاوضة كما يحولها الى الياف العين المشبكة وهي **ا-ب-د** فاذا تلقينا هذا الضوء على ورقة امكن رسم محيطات هذه الاجسام التي يرسمها ذلك الضوء وتحصيل الوانها وظلالها واضوائها

واذا لم يمكن ان الاشعة الخارجة من نقطة **ض** المنفردة (شكل ٢٠)

التي تقابل سطح $ا ر ش د ه ف$ المظلم تتجاوز هذا السطح فان الاشعة التي ترسم محيط السطح المذكور تمتد وتفصل في امتدادها جزء الفراغ المضيء بواسطة الجسم المضيء من جزء آخر محجوب عن الضوء بواسطة الجسم المظلم ويقال لهذا الجزء المحجوب عن الضوء ظل الجسم المظلم مثلاً اذا كان سطح اوجسم مظلم موضوعاً امام كوكب مضيء فان ظل السطح او الجسم المذكور يكون محدداً بـ سطح مخروطي رأسه ذلك الكوكب المضيء

(بيان الصورة الخيالية)

اذا اردنا ان نرسم على اى مستوكان صوراً مشابهة لرسوم جانبية مفروضة استعملنا في ذلك خاصية الاشعة المضيئة وذلك بان نضع (شكل ٢٠) الرسم الجانبي الذي نريد النسخ على منواله وهو $ا ر ش د ه$ الخ في مستو مواز للمستوى الذي يراد رسم الصورة عليه فاذا كان هنالك نور كنور الشمعة مثلاً موضوع على بعد مناسب صار ذلك النور رأس المخروط الذي تكون قاعدته الرسم الجانبي المطلوب اخذ فتمتد المخروط الى مستوى الصورة بحيث يرسم هذا المخروط على المستوى المذكور قاعدة جديدة

كقاعدة $ا ب ث د$ الخ مشابهة للاولى ومحددة بالمحيط المجمعول حدّاً للظل الذي تنقله الصورة وهذه القاعدة هي صورة الرسم الجانبي الخيالية وما قدمناه في شكل ١٩ من الحروف الدالة على آلة التصوير اثبتناه ايضا لشكل ٢٠ الدال على الظل المنقول لان البرهنة التي ذكرناها في شكل ١٩ تجري ايضا في شكل ٢٠ مع غاية الضبط والنتيجة في كل واحدة

(بيان الخيال الظلي)

قد استحسن في تسليمة الغلمان وتعليمهم استعمال خاصية السطوح المخروطية لانها تحدث على مستو مفروض رسم جانبياً صحيحاً من شكل واحد او عدة اشكال حتى ان الضوء المنفرد تستضيء به صور متخذة من القوى او صور اشخاص حقيقية وينعكس به ظل الالعب التي يصنعها هؤلاء الاشخاص

على ستارة تجيب ما وراءها ويدخل الضوء بواسطتها في الاجزاء المضيئة لتكون
مميزة في اعين الناظر عن الاجزاء الموضوعة في الظل تميزا تاما وهذه الاجزاء
الاخيرة هي قواعد السطوح المخروطية التي رأسها السراج او غيره من
الاجسام المنيرة خلف الستارة واخلاءها تمتاز بالرسم الجانبى من الاشخاص
المطلوب معرفة وضعهم وصورتهم

فاذا كان جسم اب (شكل ٢١) الذي ظله وهو من منعكس
على ستارة رر يبعد عن النقطة المضيئة وهي ض ويقرب من ا -
فان الظل المنعكس بواسطة اب ليس الا ظل م د وهو ناقص
دائما وبهذه الطريقة اذا مكث الجسم المضيء على حالته الاولى فانه يكتفى
في تنقيص امتداد الظل ان تقرب الجسم المرسوم من الستارة بخلاف
ما اذا بعد عنها فان الظل المذكو رر يمتد ويمتد على التدرج وكذلك
في صورة العكس بمعنى انه اذا جعلنا الجسم المرسوم فارا ثابتا والجسم المضيء
هو الذي يبعد او يقرب من الستارة فان الظل المنعكس ايضا يزيد
ويتقص

واذا بقي كل من التغير الموجود في مقدار الظلال وتغير الالاعاب المتولد عن
حركة تلك الظلال على حالة واحدة فانه يقرب عليها فائدة الالاعاب المذكورة
وقد تقتضى خواص السطوح المخروطية ان تجعل ما يلائم هذا اللعب النظرى
من الاشياء والنسب رسوما هندسية محكمة الضبط ولنتكلم الآن على
عليات اهم من عليات الخيال الظلى فتقول

(بيان قاعدة علم المنظر)

اذا وجه من نقطة ض الثابتة (شكل ٢٢) سائر الاشعة النظرية
الممكنة على خط اب ض د المنحنى ت تكون من هذه الاشعة مخروط
ض اب ث د واذا صنعنا قطاع ا ر ث د في هذا المخروط

بواسطة م ن فان هذا الشكل الذي هو ا ب ث د تكون
صورته على مستوى م ن كصورة ا ب ث د اى كنظره وتنطبق
صورته في النظر بمعنى انه يحدث على الياف العين المشبكة صورة
ا ب ث د لان خطوط ض ا و ض ا و ض ا و ض ب
و ض ث و ض ث وهم جرا المستقيمة تحتل بيضاء مثنى
فاذن يكون الغرض من علم النظر تحصيل صورة الاشياء كما يحدثها على الياف
العين المشبكة عند رؤيتها من نقطة ض فاذا كانت هذه الاشياء ناشئة
عن جسم او عن منظره عسر علينا في الغالب تمييزها وربما اخطأنا عند رؤية
ما شابهها وذلك يكون عند الاعتناء بهذا الفن وهذا هو منشأ انشراح الصدر
وانبساط النفس الذي يحدث للناظر عند مشاهدة المناظر المحككة
الصناعة

واذا لم تكن عين الناظر في نقطة ض فان مخروط ض ا ر ث د تتغير
صورته ولا يحدث على الياف العين المشبكة صورة مشابهة للصورة التي
تحدث عن نفس الجسم وهذا هو التأثير الغير المقبول الذي يحصل للانسان
كثيرا اذ قليل ما متى جعل نظره في وضع مخالف للنقطة النظرية وانما سميت
النقطة المذكورة بهذا الاسم لانه بواسطة ايشاهد المنظر ليحظى الانسان
بفائدة تأثيره ويتمتع بها كل التمتع

وقد ينشأ عن منظر الخطوط المنحنية اشكال مخروطية وعن منظر
الاشكال المضلعة اهرام بواسطة اجتماع الاشعة النظرية من الخطوط
المستقيمة الممتدة من العين الى محيطات هذه الخطوط المنحنية
او المضلعات

فاذا اعتبرنا مضلعا منتظما يكون موازيا لمستوى الصورة واعتبرنا ايضا
ان الشعاع النظرى الممتد من مركز المضلع المذكور يكون عموديا على

المستوى المذكور فان المنظر يكون مشابها للمضلع المذكور وتكون الصورة المرسومة على الياف العين المشبكة هي نفس المضلع المنتظم لكن اذا رسمنا منظر هذا المضلع وغيرنا وضع قطعة النظر كانت الصورة التي ترسم في الالياف المشبكة غير منتظمة ويترأى لنا ان المضلع متمدن جهة ومتقبض من الجهة العمودية

فاذا لم يكن الشكل المطلوب رسمه موضوعا على مستو مواز لمستوى الصورة فان المنظر يبين من جهة صورة الجسم المرسوم تباينا عاما ويظهر من هذا التباين تنوعات لانهاية لها ومع ذلك فهناك قواعد مهمة عامة النفع في اختصار عمليات المنظر التي لابد منها لكثير من الصانعية والمعمارية ومهندسي البلدان والمزخرفين وتقاضى المجسمات وغير ذلك

فاذا كان مستقيما أ ب و ث د (شكل ٢٣) موازيين من مبداء الامر لمستوى الصورة وهو م ن فلنا ان قول ان منظرهما الموجودين على هذه الصورة وهما ا - و ث د يكونان مستقيمين متوازيين

وبرهان ذلك اننا اذا مددنا الاشعة النظرية التي هي ض ا

و ص - ب و ض ث و ض د فان خطوط أ ب و ا - و ث د تكون متوازية ويكون خطا أ ب و ث د متوازيين فاذن يكون خطا المنظر وهما ا - و ث د متوازيين ايضا وبناء على ذلك لا يمكن تلاق هذه الخطوط النظرية

ولنفرض الان ان خطوط أ ب و ث د و هـ ف المتوازية (شكل ٢٤) تكون غير موازية لمستوى الصورة وهي م ن

فتمدن النقطة النظرية وهي ض الى صورة م ن مستقيم

ض و موازيا لخطوط ا ب و ث د و ه ف المستقيمة المطلوب وضع
منظرها ثم تمد شعاع ض ا و ض ب النظريين اللذين يقطعان
الصورة في ا و - فاذن يكون هذان الشعاعان في مستواهما بنقطة ض
وبخط ا ب وكذلك بخط ض و الموازي لخط ا ب فاذن يكون
كل من نقط ا و - و - و الثلاثة الموضوعة على المستوى واللوح
خطوطا مستقيمة فاذن يكون خط ا - الممتد مارا بنقطة و ويبرهن
بمثل ذلك على خطوط ث د و ش ف الخ فاذن يثبت المطلوب وحيث
خطوط ا - و ث د و ه ف الخ التي هي مناظر لمتوازيات ا ب
و ث د و ه ف دائما تماززا امتدت على حسب الاقتضاء بنقطة
و عندما تكون خطوط ا ث و ث د و ه ف غير موازية
لمستوى اللوح ويقال لهذه النقطة الشهيرة نقطة مجمع منظر خطوط ا ب
و ث د و ه ف الخ المتوازية فاذا رسمنا مناظر صور يكون عليها
كثير من الخطوط المتوازية فمن المفيد ان نعين نقطة المجمع من خطوط
كل اتجاه فيحصل من ذلك نقطة منظر كل من هذه الخطوط فيكنى اذن معرفة
نقطة ثانية لاجل تحديد رسمها

(بيان اجراء علم المنظر في فن العمارة)

يمكن ان نستخرج قاعدة عظيمة من نقط المجمع المستعملة في عمليات علم المنظر
وذلك عند مشاهدة رسم العمارة بطريقة المنظر فتكون اغلب الخطوط
المستقيمة التي يرسمها المعماري موازية اما للمستوى المنتصب الذي يكون
تابعالا لاتجاه اوجه العمارة المراد رسمها واما للمستويات المنتصبة العمودية
على هذه الالوجه وبالجمله فيكون بعض هذه الخطوط منتصبا وبعضها
اقصيا

وحيث ان مستوى اللوح الذي يرسم عليه المنظر منتصب (شكل ٢٥)

فان جميع الخطوط التي تكون منتصبه في العمارة تكون ايضا منتصبه في المنظر واما الخطوط الاقيية اعني الخطوط الموازية لمستوى الوجه فان نقطة مجموعها المطلوب تعيينها تكون $\overline{و}$ وتعين ايضا نقطة مجموع الخطوط الاقيية العمودية على مستوى الوجه وهي $\overline{و}$ فاذن لا يكون معنا الا نقطة واحدة تعين بخط منتصب وخط افقي وقد يظهر لنا من طريقة المساقط قواعد سهله جدا في هذا الغرض سنبينها عند ذكر تقاطع السطوح

فاذا كان هناك خطوط متوازية يمكن مشاهدتها في المنظر ينبغي ان نبحث من اول وهلة هل هذه الخطوط الممتدة تمر بنقطة منفردة موضوعة وضعها لاتقام لا وهذه النقطة هي نقطة مجموع الخطوط المذكورة هي اللوح واذا شاهدنا رسم عمارة على لوح منتصب (شكل ٢٥) كما هي الكيفية الجارية في الرسم وفي النقش حسبما سبق لك انفا فان النقط الجامعة للجملة من الخطوط الاقيية المتوازية تكون موضوعة على المستوى الافقي المار بنقطة المنظر وذلك ان هذا المستوى المنفرد هو الذي يمكن مده حقيقة من النقطة المذكورة مواز بالخطوط الاقيية وحينئذ تكون النقطة الجامعة لمنظر الخطوط الاقيية الموازية للواجهة من جهة والنقطة الجامعة لمنظر الخطوط الاقيية العمودية على هذه الواجهة من جهة اخرى موضوعتين بارتفاع مساو لارتفاع نقطة المنظر وبناء على هذا الارتفاع تكون خطوط الانجبا بين الاقيين مشاهدة في المنظر على حسب مستقيم $\overline{و}$ الافقي المرفوع بقدر ارتفاع نقطة المنظر ايضا

ويشاهد مع السهولة (شكل ٢٥) ان اعلا شبائك العمارة واسفلها اللذين هما على صورة خط مستقيم يكونان كذلك على صورة خط مستقيم في رسم منظرهما وهذه هي في الحقيقة خاصية اجزاء الخط المستقيم المتنوعة سواء كانت منفصلة او غير منفصلة وذلك ان اتصال اجزاء الخط المستقيم المذكور ولو بخط وهمي يكنى في تأليف خط مستمر يكون منظره خطا مستقيما منفردا يشتمل على رسم جميع اجزاء الخط المستقيم المذكور الذي

يراد نظره

* (بيان اجر آءعملية علم المنظر في التصوير) *

يجب على المصور ان يهتم وقت تصوير الشخوص على الالواح بان لا يضعها في مستوا واحد ولا في وضع واحد لانه بدون ذلك تظهر تلك الشخوص على ارتفاعات متساوية افئاقسة على وجه منتظم بحيث انها اذا كانت واقعة مع التساوى كانت ارجلها موضوعة على خط مستقيم بل وكذلك جميع الركب والايدي والاذرع والرؤس تكون ايضا على خط مستقيم وبالجملة فهذه الخطوط تتلاقى في نقطة واحدة وهذا ما تفر منه النفوس

ولاجل اجتناب هذه الكيفية المخلّة بالرسم يجب على المصور ان يهتم في وضع الشخوص على ابعاد مختلفة من الناظر بان يتوهم عدة مستويات موازية لمستوى اللوح وفي المستوى الاول القريب من الناظر تطبع الاشياء على اللوح بابعاد عظيمة مختصة بها فبعد ما في المستوى الثاني اقل منه في الاول وفي الثالث اقل منه في الثاني وهكذا

ويضع المصورون عادة في اول مستوا وفيما يقرب منه الشخوص الاعملى الى تستدعى ابعادا تيقظ الناظر وتتباهاه بالكلية

ويراى للانسان بمقتضى المستوى الذى تكون فيه الصور ان منظرها لا بد له من ابعاد فاذا لم يحدد لها المصور مع غاية الضبط كان رسمه فاسدا وكانت الشخوص موضوعة خارج الابعاد التى اراد تحديدها واما اذا اجاد وضعها بان وضع رؤسها وضعاً محكماً ووجه احداق اعينها توجهها منتظماً فان الصور التى ينبغي نظرها لا تنتظر

وقد يخطئ المصورون في امور كثيرة وبعدونها مخالفة للمنظر لاسباب في رسم الاجسام والاذرع والاعصاب التى ليست استقامتها موازية لمستوى اللوح وبذلك تكون في الغالب ناقصة في الطول

وهذا الاختصار هو اصعب شئ في الرسم عند ارباب الصناعة فلا يمكنهم تصويرها في الغالب الا اذا وضعوا الرئىكات في المحل الذى يريدون رسمه ويكون

على حسب وضع الارنيكات وقوفهم في المحل الذي يكون فيه وضع الناظر
على حسب المحل الذي يريدون رسمه

وما ذكرنا من القواعد القليلة يكفي في صور كثيرة ليعرف بها صحة منظر الصور
التي نعرفها او عدم صحتها ويحصل في الغالب ان البنائين والمصورين
لا يدركون قواعد علم المنظر على حقيقتها فيخطئون في العملية خطأ فاحشا فاذا
اتسعت دائرة العلوم الهندسية وانتشرت عند اغلب اهل اوربا ظهر ان الخطأ
الكبير الذي لا يأتئرمه الا القليل من ارباب المعارف في وقتنا هذا يأتئرمه
عامة الناس ويتأذون منه جميعا ولا يمكن للصناعية اجتنابه بدون تعب
شديد فيعيرون على الممارسة وبذل الجهد في تطبيقات العلوم الهندسية على علم
المنظر فيحصل حينئذ لاشغالهم صحة التناسب اللازمة للاشغال التامة
في الفنون المستظرفة كما هي لازمة في الفنون التي ليس الغرض منها الا ضبط
الاشكال

*** (بيان اجراء علم المنظر في رسم الآلات ومحصولات الصناعة) ***

اذا اريد رسم محصولات الصناعة والآلات استعمل في ذلك غالبا علم المنظر
ومزية هذا العلم على طريقة المساقط العادية هي اظهار كبير من الاجراء التي
يحتج بعضها بعضا بواسطة طريقة المساقط مثلا قد جرت العادة في
استعمال المساقط بخطوط متوازية ان تأخذ مستوى المسقط المنتصب
موازيا للواجهة العمارة او عمودا عليها في الصورة الاولى لا تظهر الاضلاع
الصغيرة من العمارة ولا تشاهد في الثانية تحتنئ الواجهة بنفسها بخلاف علم
المنظر فقائده اظهار وجهي العمارة دفعة واحدة كما تراه
في (شكل ٢٥)

وتستعمل قاعدة المساقط في رسم منظر اى صورة كانت مع الدقة والضبط
فاذا فرضنا ان هذه الصورة ونقطة النظر موجودان في المساقط الاضية
والمنتصبة وكذلك اثر اللوح تفصل معنا منظر اى نقطة كانت من هذه
الصورة بواسطة رسم خط مستقيم تمتد من هذه النقطة الى النقطة النظرية

وبواسطة البحث عن تقاطع هذا الخط بمستوى الصورة (راجع الدرس الثالث عشر) وينبغي للمعلم ان يوضح هذه الطريقة ببعض امثلة جرتية مع ما يلزم لها من الاشكال وذلك كنظر مربع او مكعب واذا اردنا ان نأخذ رسم عمارة او شئ مصنوع او آلة بواسطة علم المنظر ففائدة ذلك العلم هو انه يسهل علينا رسم جميع ما يقع عليه البصر من الصور على حقيقته بدون ان يختل منه شئ فينبغي حينئذ مزيد الاهتمام بتدوين التلامذة على انواع هذا الرسم المختلفة التي يجدونها طرقا ماهرة في كثير من المؤلفات المعتمدة

*** (بيان اجراء عملية علم المنظر في زخرفة محل الالعب) ***

ينبغي لزخرف محل الالعب لاجل تحيين الالعب المذكورة واستجلاب الناس اليها في محل اللعب ان يستعمل او لا صورة كبيرة متسعة وهي الستارة التي تكون بداخل الملعب ويرسم عليها منظر العمارات والبلاد ثم يضع من الجهتين على حسب خطين بعيدين عن بعضهما قريين من الناظر عدة صور غير متسعة مرتفعة موازية لبعضها وللستارة المتقدمة وليست تلك الصور في الحقيقة الا اغشية للزينة فيرسم عليها الشجار او اعمدة متفرقة او اجزاء متصلة لكن هذه الطريقة ليست مستكملة للشروط لان الخطوط التي ترسم على الاغشية المذكورة يحدث عنها اجزاء خط مستقيم تشاهد من نقطة النظر ويظهر ان تلك الخطوط لا يحدث عنها الا خط واحد لانها لا تكون على استقامة واحدة اذا شوهدت من نقطة اخرى من محل اللعب غير نقطة النظر ومع وجود هذا الخلل يكون لهذا المنظر المزخرف الرسوم رسما جيدا مشابهة كلية بمقتاتق الاشياء كي يسر المتفرجون الجالسون في الملعب على اختلاف مجالسهم سرورا تاما برؤيتهم ما يروق الخاطر ويوجب الناظر

*** (بيان اجراء عملية المساقط الخروطية في علم الجغرافيا) ***

يستعمل في رسم الاشياء الشمية الظاهرة على الكرة الارضية او على الكرة السماوية كيفية المساقط الخروطية المضاهاة لعلم المنظر

ثم ان المخاريط المترجمة من اوثلاث والاسطوانات المترجمة ايضا بهذه
الطريقة يقل استعمالها في علم الميكانيكة مع ان استعمالها فيه فائدة عظيمة
في كثير من الصور

فقد يستعمل فيه مخاريط منتظمة مصقولة (شكل ٢٦) لاجل نقل
حركة الدوران من محور الى آخر بواسطة المحاكاة في صورة ما اذا كان المحوران
غير متوازيين

ويستعمل فيه ايضا المخاريط المنتظمة المضرسة (شكل ٢٧) لاجل
هذا الغرض بعينه

واذا اراد المعمار استعمال اعمدة كثيرة حلها الى مخاريط ناقصة تكون
مضرسة اذا كانت الاعمدة ايضا مضرسة وفن تضريس الاعمدة يستدعي غاية
الضبط والاتقان في العمل ومما يستدل به على المهارة النادرة لوجود اتق
اكتسبها الشغالون الذين كانوا يستعملون في عمارة بلاد اثينا مدة
القرون التي كانت فيها هذه المدينة على غاية من السور والنفار والبراعة
في الفنون والصنائع هو كمال تفصيل تضريس الاعمدة الكبيرة على صورة
سطوح مخروطية وتعام التعديل لهذه المخاريط الناقصة ليحدث من ذلك
تضاريس مستطيلة مع الضبط والاحكام مبدءا لرأس العمود وغايتها
قاعدته

وايضا صحة تضريس الطارات المخروطية مقصورة على الزينة والرفاهية
بل تكون ايضا في تضريس الاعمدة ويترتب على صحة التضريسات وضبطها
سهولة نقل الحركات وتدبيره وتنظيمه كما سيأتي ذلك عند الكلام على حركة
التعشق (راجع الجزء الاول من الميكانيكة في المجلد الثاني من هذا
الكتاب)

* (الدرس العاشر) *

في بيان السطوح المنتشرة والسطوح الموجبة اي مضاعفة الانحناء وغير
ذلك

كل سطح امكن انتشاره اوسطه او انفراد على اى مستوي دون ان يكون في هذه العملية جزء من اجزاء السطح يجب امتداده او انقباضه او تضعيفه فانه يسمى سطحاً منتشراً

وقد اختبرنا فيما تقدم نوعين مهمين من السطوح المنتشرة وهما نوع الاسطوانان والخاريط وعلينا ان يمكن في الحقيقة انتشار هذه السطوح على اى مستوي دون كسر وانطواء وعلينا ايضا عكس ذلك اى انه يمكن انحناء جزء من المستوي بدون انطواء وكسر بحيث يمكن صناعة اسطوانة او مخروط تكون صورته وابعاده معلومين

وبالجملة فقد علم انه يمكن اعتبار الاسطوانة كمنشور مركب من اوجه مستوية كثيرة العدد على صورة شكل متوازي الاضلاع ويمكن اعتبار المخروط كالهرم المركب من اوجه كثيرة العدد ايضا على شكل مثلث ضيق جدا ويمكن ايضا ان نعتبر السطح المنتشر (شكل ١) كانه مركب من

اوجه صغيرة مستوية مثل $ا ا - و ر ب ث$ و $ث ث - الخ$ منتهية بخطوط مستقيمة مثل $ا ا و ب ر و ث ث الخ$ وتسمى هذه الخطوط اضلاعا

فاذا اردنا انتشار هذا السطح المنحني على صورة سطح مستو فاقا نبتدى بادارة وجه $ا ا -$ حول ضلع $ا ب -$ حتى يوضع في مستو واحد مع وجه $ر ب ث$ الثاني ثم ندير هذين الوجهين حول ضلع $ب ث$ حتى يكو نامعا في مستوي وجه $ث ث -$ الثالث ثم نستمر على هذه الكيفية الى الوجه الاخير فيحصل حيث نخذ معنا انتشار السطح المنحني بتمامه

ثم ان الفرق الذي يكون بين المخروط والسطح المنتشر هو ان جميع الواجه التي على صورة الزاوية تكون رؤسها في نقطة واحدة بخلاف اوجه السطح المنتشر فان

$ا و ب و ث$ التي هي رؤس اوجه $ا ا - و ر ب ث$

و ث ث د و هلم جرا تكون مختلفة الوضع

وكذلك يعتبر المهندسون ان المخروط مركب من طيتين (راجع الدرس التاسع) (شكل ١) وكذلك السطوح المنتشرة واحدى هاتين الطينتين ترسم على الوجه الذى ذكرناه فى الدرس المتقدم واما الثانية فتقسم بواسطة

امتداد الاضلاع الى ١١ و ب ر و ث ث الخ خلف منحنى

ا ب ث د الخ ويقال لهذا المنحنى خط القمقرى والذى يلزم للفنون فى جميع الاحوال هو اعتبار احدى طيتى السطوح المنتشرة

(بيان اجراء العملية)

اذا اقتضى الحال حفظ اشياء ثمينة فالتأخير طيها بشئ اقل قيمة منها وتكون احاطتها عادة بمادة لينة مستوية كاقماش والورق والمقوى والجلود والحديد والصفير ونحو ذلك مما يتخذ غلافا كالأكياس وعلب الورق وغلاف الاسلحة وغطاء البضائع وجميع انواع العلب والقراطيس واغشية العطارين والاجراء خاتمة وهلم جرا

وهذه الغلافات مهما كان طيها او عدم طيها هى ضرورة قابلة للانتشار ويجب ان نلاحظ ان المادة التى تستعمل فى ذلك لا سيما اذا كانت من انواع المنسوجات وكانت قابلة للامتداد والانتقاض تغير فى بعض الحالات بالنظر الى اشكالها الدقيقة السطح المنتشر كما اسلفنا الكلام على ذلك بمقتضى رأى المهندسين

(بيان اجراء العملية فى صناعة البسط والجوخ)

ينبغي ان نتكلم على السطوح التى تحدث عن البسط والجوخ التى هى معدة لزينة المساكن والهياكل العمومية فاذا اقتصرنا فى هذا الشأن على اشكال السطوح المنتشرة المطابقة للهندسة على وجه الدقة والضبط نحصل معناه طيات مستقيمة ومحيطات موزعة بحجدة عن الظرافة وعن التنوع فى الاشكال وتكون اقرب شبيها بمحيطات البسط الارسكية

ويظهر ان امة اليونان هي اول امة عرفت واقتت بواسطة ذكاتها وفطنتها ما يمكن تحصيله بمطابقة الخاصيتين الموجودتين في الاقشة احدهما كونها تنثنى على شكل سطوح منتشرة مركبة من اضلاع مستقيمة والثانية كونها تفنى مع الانتظام والتساوى كى تبعد عن هذه الاشكال على التدرج حسبما تقتضيه الطرق التى يستحسنها الذوق السليم وهذه الطرق المستعملة في ترتيب الابنية والعمارات تصلح ان تجعل اصولا عمومية

ولنرجع الى ما كنا بصدده في شأن السطوح المنتشرة على وجه الاقشان فنقول سياتى لك ان تلك السطوح تستعمل بكثرة في الفنون وترى ما يكون في الصناعة من الفائدة في حل مسائلها على وجه هندسى

فاذا اردنا مثلا رسم سطح منتشر (شكل ٢) مار بخطى

ا ب ث د ه ف و ا ر ث و ه ن المنحنين اللذين ليسا على مستو واحد فرضنا لاجل هذا الغرض ان منحنى ا ب ث د ه ف

مضلع مركب من عدة اضلاع مثل ا ب و ب ث و ث د و د ه و ه و و و ا فاجزائنا نأخذ مسطرة محكمة الوضع فنضع مسطحها من احد طرفيها على ا ب ونديرها حول ا ب حتى يتقابل الطرف الثانى بمنحنى ا ر ث و ه ن في نقطتي ا و ر القريبتين منه جدا ونؤد خطوط ا ا و ب ر الخ المستقيمة وبعد تمام هذا نضع المسطرة على وجه بحيث يكون وجهها العريض المستوى موضوعا دفعة واحدة على

ب ث و ب ر ونعين نقطة ث التى يتقابل فيها هذا الوجه للمستوى مع الخط المنحنى ثم نؤد ث ث ونبين بهذه الطريقة د د و ه ه و ف ف

الخ فيحصل معنا حينئذ السطح المنتشر وهو ا ب ث د ه ف و ا ر ث و ه ن الذى يخالف قليلا السطح المار بمنحنى

ا ب ث د ه ف و ا ر ث و ه ن (راجع الدرس الثالث عشر)
* (بيان نشر الاخشاب المنحنية) *

يلزم غالباً في عمارة المراكب: ثمة قطعة من الخشب على شكل سطوح يكون محيطها الاسفل وهو **ا ر ث الخ** ومحيطها الاعلا وهو **ا ب ث الخ** مرسومين على وجهين من هذه القطعة فإذا اردنا جراً على عمليّة التثريدون اعوجاج المشار وقلبه لاجل تغيير شكل تلك القطعة المستوي او المنتشر لزم ان يكون الخط المستقيم الحادث عن اسنان المنشار متجهاً بحيث يمتزج بالتعاقب مع اضلاع **ا ا و ب ر و ث الخ** (شكل ٢) فهذه الكيفية يتسم المنشار قطعة الخشب ويرسم سطوحاً منتشرة

(ان ابرأ عمليّة السطوح المنتشرة في قطع الاحجار) *

نستعمل السطوح المنتشرة بكثرة في قطع الاحجار وهي عادة الاسطوانات والمحاريط فلاجل بناء القبوات ذات الاشكال الصعبة نبين شكل جميع محيطات كل حجر ينبغي جعله في بناء هذه القبوة كما نبين ذلك في الدرس الخاص بقطاع السطوح ولذا يسمي هذا الحجر حجر العقد ولجل ان تكون العمارة على غاية من المتانة والصلابة ينبغي الالتحام هذه الاحجار مع الدقة باجراء التختية التي يحمل بعضها به ضاؤها تسمى بسطوح الالتحام فمن المهم ان تكون سطوح الالتحام محددة مع الاحكام والضبط الكلي لتعريف مكافئة في وجهي حجر العقد اللذين ينبغي تطبيق احدهما على الآخر ويصل الانسان الى هذا الغرض مع السهولة اذا جعل اوجه الالتحام منتشرة فيصنع - ينذارين كل وجه منتشر سواء كان متخذاً من المقوى او من الألواح الرقيقة وغيرها ويطلق الارزنيك المذكوّر على وجه الالة لم يتمظهر هل المسطرة تنطبق انطباعاً كما على هذا الوجه بموجب اتجاه الاضلاع
ام لا

ولا يمكن للانسان ان يعرف حتى المعرفة ان سطوح الالتحام لا بد ان يكون لها في جميع اجزاء العمارة شكل مطابق لك كل المتقدم الا اذا لم نل هذا ،
بكنيسة بنهون بياريس وذلك لانك ترى براقة متسعة من تعة جدا على

اربعة صفوف من الاعمدة الطريقة ولاجل ان تكون العملية تامة ومضبوطة مع سهولة تقطيع الخاريط الناقصة المستديرة التي يتركب منها طول العمود بفتحها من منتصفها كي تنضم حوافها بدون ظهور ادنى اثر في خارجها فاذا رأى الانسان هذه الاعمدة عند ارتفاعها فانه بمجرد رؤيتها يترأى لها ان من اعظم ملح الفنون بخلاف ما اذا وضع عليها ثقل عظيم من جهة القبوة فان حوافي الخاريط الناقصة المماسية لبعضها وليس لها سطوح كافية تقاوم هذا الثقل تنكسر بالكلية وتهبط القبة هبوطا كلياً حتى يعتلى الفراغ الذي في داخل الخاريط الناقصة فيجبر الانسان حينئذ على تشييد كتاف عظيمة في وسط صفوف الاعمدة التي تسند عليها هذه القبوة ولاننا نرظرافة البناء ولوجعلت التحامات الخاريط الناقصة على صورة سطوح محكمة اوضح لبنى البناء على حاله ويؤخذ من علم الهندسة في هذا المبنى ما يستعمل من الوسائل في الصور السهلة والصعبة

فاذا اردنا ان نرسم مع الضبط التام اضلاع جبر العقد المخنية وهي أ ب

و ب ث و ث د و د ا و ا ر و ر ث و ث و و د ا
(شكل ٣) امكن اننا ان نحدد لاجل كل وجه من وجوه الالتحام سطوحاً

منتشرة ما ارادته واحدة بخطى أ ب و ا ر و سطوحاً اخرى ما را بخطى

ب ث و ر ث و سطوحاً ثالثة ما را بخطى ث د و ث و و سطوحاً

رابعة ما را بخطى د ا و د ا فاذا اجرينا ذلك في اجماع العقد المتجاورة

نحقق ان الالوجه المماسية تطبق على بعضها انطباقاً كاملاً ومتى علمنا شكل

أ ب و ا ر و ب ث و ر ث ومواضعها سهل علينا استعمال

الطريقة المذكورة (شكل ٢) في تحديد كل سطح منتشر

واذا اراد الصائغية ستره لبح كبير بصفايح رقيقة لينة المادّة فانه يتنون

هذه الصفايح على شكل "طوح منتشرة وكيفية العمل هكذا

وهو انهم رسمون على السطح المطلوب ستره (شكل ٤) خطوطاً منحنية

مثل ا ب ث د ه و ا ر ش د ه و ا ر ش د ه و ا ر ش د ه تكون بعيدة عن بعضها بمسافة مساوية لعرض الصفائح التي يستعملونها

ثم يشرعون في ثني هذه الصفائح بحيث تترجم على ا ب ث د ه

و ا ر ش د ه ثم يغطي ا ر ش د ه و ا ر ش د ه وهلم جرا ويضعونها عقب بعضها بمعنى انهم يجمعونها ببعضها بالالتحام او يطبقون اطرافها على بعضها بطريقة ثابتة

(بيان اجراء عملية السطوح المنتشرة في غطاء القصب والقبوات)

قد غطيت القبوات الفاخرة التي في سوق القمح بمدينة باريس بصفائح من النحاس على موجب الطريقة السابقة

(بيان اجراء عملية السطوح المنتشرة في تبطين السفن)

قد يغطي مهندسوا السفن الجزء الاسفل منها المسمى بالقارين كما تقدم على

حسب الطريقة السابقة بصفائح من النحاس كما في ا ب ث د ه ف

(شكل ٧) وتكون اطراف هذه الصفائح مصلحة ومفصلة على صورة خط مستقيم مع ان اصلاحها في الغالب انما يكون على صورة خط لا يتحد مع المحيط اتحاداً كلياً غير ان الغطاء الذي ليس مساوياً لجميع الزوايا ولا مستقيماً على سائر الاضلاع يحدث عنه كيفية واحدة كما اذا قطعنا صفائح النحاس وجعلناها على صورة محيط موافق لكمال تعديلها عند فرضنا انهم ملتصقة ومتلاصقة ببعضها

وهذه الطريقة المستحسنة عند مهندسي السفن مستعملة مع غاية النجاح والقائدة وذلك لان سطح القارين عظيم جداً بالنسبة لامتداد كل صفحة تستعمل في التبطين ولان النحاس المستعمل في هذه العملية يمتد جزؤه المتوسط قليلاً حتى يكون متجهاً في كل نقطة على حسب اتجاهي انحناء القارين ويريد ذلك وضوحاً عند بيان انحناء السطوح من حيث هي

ثم ان صانع القوى الذي يصنع عدة سطوح مختلفة بواسطة اخرخ من الورق او من القوى ملصوقا احدها على الاخر بواسطة الغراء مجاورا بعضها لبعض يحدث جملة من السطوح المنتشرة كثيرة التنوع في شكلها وتناسب وضعها

واذا اراد صانع العربات ان يصنع عربة وضع قطع الحديد والخشب التي يتكون منها المحيطات التي على شكل الزاوية من العربة واورضاع الابواب والشبابيك ونحو ذلك وينبغي له ان يستد المسافات التي تعينها تلك الاورضاع والمحيطات الاصلية ويصنع ذلك بواسطة الواح من الخشب الرقيق الملين الذي يثنيه على صورة سطوح منتشرة تمر بمحيطات مفروضة فيحتاج اذن الى معرفة حل للمسئلة التي في شكل ٢ و ٣ ثم ان كلامنا من النحاس وصانع المداخن والسكك الحديدية يحتاج لمعرفة حل للمسئلة المذكورة فانه في صناعة المداخن وكثير من القصور المستعملة في المعامل مثلا ينبغي في الغالب لاجل تصليح اعلا تلك المداخن والقصور بواسطة الانبوبة ان يرسم سطح منتشر يزدفعة واحدة بقاعدة

ا ب ث د الفلى (شكل ٥) ايا ما كانت صورتها بقاعدة **ا ر ث د** العليا ذات الشكل المستدير كالانبوبة فيجب حينئذ ان يعرف حق المعرفة المحيط الذي يلزم جعله لصفحة الحديد او الجملة من الصفائح المعدنية المستوية التي يحدث منها عند قديمها على وجه مناسب سطح منتشر يزدفعة واحدة بقاعدتي **ا ب ث د** و **ا ر ث د** وستتكلم على هذه المسئلة في الدرس الرابع عشر الذي يتعلق بالمعاسات

وقد استحسن تغطية السطوح بحلب طويلة منتشرة فهي اولى من تغطيتها بصفائح صغيرة منتشرة كما في (شكل ٤) واذا ليس العساكر دروعهم رأيت معظم القطع التي تستر اجسامهم واعضاءهم على شكل سطوح منتشرة وهي في الغالب عدة جلب مخروطية او اسطوانية مصنوعة بالسهولة بواسطة صفائح معدنية ذات انحناء واحد

وليس هنالك من القطع ما ينبغي ان يكون ذا انحنائين كالخودة مثلا لا مقدار قليل حيث يستعمل في ذلك سطوح منتشرة كالبيضة المتخذة من الحديد وقد ينظم من عمارة السفن عملية مستحسنة في شأن السطوح المنتشرة المنتظمة بواسطة الجلب

وحاصلها ان السفينة اذا كانت مضطعة فانها تكون على صورة سلسلة من **ن و ح ح** (شكل ٦) المركبة من قطع خشب من دوجة وهذه المزدوجات وهي ١ و ٢ و ٣ التي ترتفع في مستويات منتصبة يكون بينها مسافات خالية (سم صه ز) وشكل ٨ يدل على الارتفاع اي انصاب المزدوج المنتصف اي الذي في الوسط ولاجل تقيم القاربن المرسوم بهذه الكيفية ناخذ الواحا معتدلة معلومة السمك ويكون محيطها مصلحا على وجه مناسب ونضعها بالتطبيق على وجه المزدوجات الخارجى ثم نثنيها مع السهولة ليحدث عنها سطوح منتشرة تسمى بالجوانب لكونها تغطي سطح السفينة وتكتنفه وتنطبق عليه انطباقا تاما بحيث تكون الاضلاع على الاضلاع والاطراف على الاطراف وقد يؤخذ من علم الهندسة طريقة عظيمة دقيقة في اصلاح هذه القطع

وذلك انه اذا وضعنا الجوانب من مبدء القاععدة الى **ا ب ث د** وارادنا ان نضع الجانب الاعلا المنحصر بين خطي **ا ب ث د** و **ا ر ث د** فالتأخذ من تقطعي **مه و صه** الموضوعتين وضعنا سابيين **ا ب ث د** و **ا ر ث د** خيطا ينطبق على المزدوجات فاذا فرضنا ان المحيط المراد عمله يكون محكم العمل والوضع وان المحيط المذكور يكون موضوعا بالكلية على سطح الجانب المنطبق على اضلاع السفينة فالتأخذ من هذا الجانب اي نجعله منتصبا فاما المحيط الذي يبين على سطح القاربن الخط الاصغر الكائين بين تقطعي **مه و صه** يستمر دائما على ان يبين الخط الاصغر الذي يمكن رسمه بين هاتين التقطعتين على السطح

المنشرا على المستوى حيث ان الخط الاصغر الذي يمكن رسمه على
المستوى هو الخط المستقيم فاذا كان يكون من جهة خطا مستقيما
(شكل ٦ مكرر) مادام على الجانب يحفظ وضعه الذي يجعله اقصر خط
بين نقطتي من و صه اى على القارين

فاذا وضعنا ذلك الخيط على القارين عيننا على طوله نقط ١ و ٢ و ٣
الخ وبهذه النقط العمودية على اتجاه الخيط تمر بعيدان من الخشب متجهة
اتجاهها عوديا على اتجاه الخيط المتقدم فتصل هذه العيدان من احد طرفيها
بخط ا ب ث د ه الخ ومن الطرف الاخر بمحيط ا ر ش ه الخ
الذين ينبغي ان ينطبق بينهما الجانب الجديد انطباقا محكما

فتقيم حينئذ خيط من صه ثم ننتد على لوح ع ش كل
(شكل ٦ مكرر) بحيث تكون عيدان ١ ١ ١ و ٢ ٢ ٢
و ٣ ٣ ٣ و ٤ ٤ ٤ الخ الصغيرة عمودية على الخيط المذكور ونرسم عدة
اشكال مضطعة مثل اشكال ١ و ٢ و ٣ و ٤ الخ و ١ و ٢
و ٣ و ٤ الخ التي يتكون منها خيطان منحنيان مستطيلان فتدل هذه
الاشكال دلالة صحيحة على الجزء الاسفل والاعلا من المحيط الطولي
من الجانب

ولا يكفي معرفة هذه المحيطات فقط بل يجب ايضا ان نعرف في كل نقطة من
نقط ١ و ٢ و ٣ و ٤ و ١ و ٢ و ٣ و ٤ الخ الزاوية
التي تحدث عن الجانب المراد وضعه والقاربن ليكون وجه الالتحام منطبقا
انطباقا تاما على التمام الجانب المتصل ويجري ذلك بواسطة اتجاه احد ضلعي
المسطرة المثلثية المتحركة على حسب اتجاه اى عود كان واتجاه الضلع الاخر
على حسب وجه التمام الجانب الموضوع قبل ذلك توجهها عوديا على ضلع هذا
الجانب المتصل بالقارين واذا قطعنا لوح ع ش كل ببلطة
او قادوم لم يبق علينا الاقل تلك الزوايا الى نقط ١ و ٢ و ٣ و ٤

الخ و ١ و ٢ و ٣ و ٤ الخ على وجه التقابل واتناظر
ولاجل اجتناب الخلل عند رسم النجار بواسطة مسطرة المثلية المتحركة
الزاوية التي تحدث في نقط ١ و ٢ و ٣ و ٤ الخ عن الجانب الجديد
والجانب الملتصق الموضوع قبل ذلك يضع ضلع المسطرة المثلية المتحركة
وهو ط ضه على طرف لوح ن ح (شكل ٦ ثالث) ثم يرسم
خطا مستقيما على طول الضلع الآخر وهو ضه ر ومتى كانت الخطوط
كلها موضوعة مع الانتظام الموجود في وضع عيدان ١ و ٢ و ٣
و ٤ الخ التي تقابل نقط ١ و ٢ و ٣ و ٤ الخ سهل على النجار
معرفة الثقب الذي يلزم جعله لكل نقطة من نقط ١ و ٢ و ٣ و ٤ الخ
لاجل رسم الضلع الصغير من الجانب على حسب ما يناسب الواجهة الكبيرة
من الميل

ومما ينبغي التنبيه عليه ان الطريقة المذكورة التي يكون بها السطح القارين
شكل مخصوص يمكن اجراؤها في عمارة السفن بل وفي كل نوع من العمارات
المدنية والعسكرية وهذا من اعظم الطرق المظيفة والقوآت العظيمة الطريقة
التي تنتج عن تطبيق الهندسة على الفنون ومن اجل الخواص التي تظهرها
الهندسة في السطوح

(بيان الامودجات والارانيك المنتشرة)

اذا اريد ان يصنع في الفنون سطوح مخفية منتبهة ببعض خطوط فالتا قسم
هذه السطوح الى اجزاء يمكن اعتبارها كالسطوح المنتشرة تقريرا وناخذا
صورتها بواسطة الامودجات والارانيك المتخذة من الورق والقوى التي يحدث
عنها سطوح حقيقية منتشرة مع وجود انحنائها الطبيعي بدون غرق وانطواء
وهذه هي الارانيك التي يستعملها الخياطون ونحوهم في تفصيل ملابس
الرجال والنساء

(بيان اجراء العملية في تفصيل اقنة الملابس)

الغرض من تطبيق الهندسة تطبيقا فيدا هو انتظام تفصيل عدة اجزاء

متنوعة من الملابس بحيث لا يضيع به الاقطع صغيرة من القماش المطلوب تفصيله ومع عدم استعمال المسطرة والبيكار في هذه العملية ينبغي ان يعتقد ان مهارة الخياط ونحوه تقوم مقام ذلك في هذه العملية الهندسية الدقيقة التي تستدعي في آن واحد امعان النظر ومزيد التأمل وكثرة التجربة في معرفة تفاوت الاجسام البشرية وما يناسبها من اشكال السطوح المنتشرة الصالحة لصناعة الملابس

واذا قطع النظر عن التوفير في الملابس وارىد جعلها مناسبة لما تقتضيه العادة وقصديها المباهاة والتفاخر فان لذلك اصولا تتعلق بقواعد هندسية واصول ميكانيكية في صور كثيرة

وينبغي ان تستحضر في شأن الملابس ما السقائم من الملاحظات المتعلقة بالجوخ والبسط بالنظر الى سطوحها المنتشرة القابلة للاستمداد والانكماش في عدة اجزاء وهذا هو منشأ لينها ومرورها ولما كان لهذه الاقشة خاصية ملائمة للاجسام البشرية الحقيقية او المفروضة كانت صالحة لاستعمالها وتعود الناس عليها وهي الاقشة المستحسنة عن غيرها في اللبس كما يقوله صنايعية هذا الفن

فاذا كانت الاقشة المذكورة جامعة بين المرونة واللين والخفة امكن نشرها وطعها طيات عديدة بوجوه متنوعة وتكون قابلة لجميع ما يستحسنه الذوق السليم من ذلك فان الاقشة اللينة الرفيعة اذا لبست وحصل لها ادنى مس وضغط تتأثر بذلك وتكون طوع يد الماس او الضاغط وبصير منظرها في رأى العين مضطربا لا يستقر على حالة واحدة وربما تذكره الانسان لطائف الحياة وعدم ثباتها وقرارها بخلاف ما اذا لم تجتمع الاقشة بين الصفات السابقة فانها تبقى على شدتها وصلابتها وما ذكرناه من تأثير الاقشة اللينة واضطراب منظرها كان يوجد في الاقشة التي كان يستعملها قديما الصنائعية انموذجا في صناعة الجوخ الظريف الذي كانوا يسترون به بعض اصنامهم ويوجد ايضا في انواع الشاش والكشمير الموجود الان

ولاجل ان يكون ملبوس الانسان تاما على ما ينبغي يلزم ان تكون سطوحه على وجه بحيث يتأق لانسان معها حركة جسمه واعضائه كيف شامع السهولة وهذا يستدعي ان يكون في الثياب نوع اتساع وخفة وان يكون تفصيلها ملائما للاعضاء غير انه لما جرت العادة بان الوفاق والعظمة والمقام مما يتوقف على التأني وبطئ الحركة لزم ان تكون ملابس اصحاب هذه الصفات ملائمة لحركاتهم حتى تظهر منافعهم وتعرف وظائفهم فعلى هذا يلزم ان تكون برانس البابات وثياب ارباب المشورة وعبات الملوك مفصلة تفصيلا متسعا من اقنسة قليلة الالين ليحدث عنها سطوح منتشرة تطوى طيات عريضة لا تتأثر بالهواء.

واما برانس العساكر والثياب الخفيفة التي يلبسها الراقصون في الالاعاب وكذا ما يلبس في محال الرقص فانهم ان يكون بخلاف ذلك بحيث يكون تفصيلها ضيقا على قدر الامكان ثم ان الملابس التي تستعمل لمجرد الزينة ينبغي ان تتخذ من الاقنسة اللينة الخفيفة التي تضطرب كالامواج لتكون بها الاجسام وحركاتها المختلطة على غاية من اللطافة والظرافة وتظهر بها الهيئته على حقيقتها

وعلى ذلك ينبغي ان يكون كل من انتخاب الاقنسة وتفصيل الملابس جارا على حسب ما يتعلق بعملات الفنون المستترفة من الاعتبارات والملاحظات التي لها دخل في تنظيم الجمعية وتحسينها بخلاف ما اذا نظرنا لراحة الانسان في الاليس وسعة الملبوس وصحة اللابس فان كلا من الانتخاب والتفصيل المذكورين يكون على حسب ما يتعلق بالجمعية من المصالح الحقيقية واما اذا نظرنا الى الصناعة فان الميكانيكة والهندسة هما اللذان يعرف بهما مقادير الصور واصنافها وكذلك وسائل الصناعة والتفصيل والتزيين الذي هو اتم ملائمة من غيره لان يستخرج بواسطة انحاء السطوح المستوية اصالة واجتماعها الاشكال المتنوعة الظرفية التي تكون في الملابس والجوخ عند امة تقدمت عندها الفنون المستترفة تقدما كبيرا

ولنرجع الى ما كنا بصده في شأن السطوح المنتشرة ونذكر عمليات جديدة

مهمة العمليات المتقدمة بعد ان تكلم على قواعد تقاطع السطوح
والمماسات وينبغي ان تكلم الآن على السطوح المعوجة اى مضاعفة الانحناء
فنقول

(بيان السطوح المعوجة اى مضاعفة الانحناء)

السطوح المعوجة هى الحادة من خطوط مستقيمة متتالية لا ينشأ عنها
اوجه صغيرة مستوية

ولاجل تصور الواجه الصغيرة المعوجة تخيل سلما في شكل ٩ و ١٠
يكون ضلعا غير موضوعين على مستوا واحد ثم نضع هذا السلم على الارض
بحيث يكون اضعايه استقامة افقية وان لم يكونا في مستوا واحد منتصب
وبواسطة شكل ٩ يظهر مسقطه المنتصب وبشكل ١٠ يتبين

مسقطه الافقى وذلك ان ضلعي اب و ث د (شكل ٩) يتقاطعان
في نقطة واحدة مثل هـ و و فاذا حددنا خطا منتصبا من النقطة

المذكورة فانه يمزكا في (شكل ١٠) بنقطة هـ على ث د
وبنقطة و على اب ولنبدأ الآن من قطبي هـ و و بحسمه

مسندى اب و ث د المذكورين الى اجزاء متساوية بنقط ١
و ٢ و ٣ و ٤ الخ و ١ و ٢ و ٣ و ٤ الخ ثم نمد خطوط
١ ١ و ٢ ٢ و ٣ ٣ و ٤ ٤ و ٥ ٥ الخ فيحدث معنا سلم

معوج

ثم ان اجنحة طواحين الهوام من قبيل السلالم المركبة من اضلاع مستطيلة
متباعدة عن بعضها ومن اخشاب عمودية على احد هذه الاضلاع

وكذلك سلم الصواري (المسمى بالوافتكور) فهو من قبيل السلالم المعوجة
غير انه ينقص عنها ضلعا واحدا

ويمكن ان يعتبر ان هذه السطوح المعوجة مركبة من اوجه معوجة ضيقة
جدامناحية للسلم الذى اسلفنا الكلام عليه ويطلق على الاضلاع التى تبين

هذه الواجهة الصغيرة اسم الاصلاص المشتركة

(بيان اجراء العملية في عمارة السفن)

لاجل تطبيق قارير السفن نصنع سطوحا منتشرة من الواح اى كتل مستوية كما ينادلك (شكل ٦) ولاجل صناعة بعض اجزاء السفينة مخنية كالاجزاء التي عند مقدمها ومؤخرها لا يمكن ان نستخرج من الالواح العريضة جدا الاجوانب قصيرة جدا اذا كان المطلوب بقاء رسمها الملايم لبعض السطوح المنتشرة على وجه الصحة والضبط واذا تأملت صورة الجانب المينة في (شكل ١٢) علمت انه يضع في عمله كثير من الاخشاب حتى يستخرج من الشكل المستطيل رسمه المخفى الرموز اليه بهذه الارقام وهى ١ و ٢ و ٣ و ٤ و ٥ و ٦ و ٧ الخ و ١ و ٢ و ٣ و ٤ و ٥ و ٦ و ٧ الخ

و ٦ و ٧ الخ فاذا فرضنا الان ان المحيط ا ر ش د ه ب غ انحناء خفيفا ومنظما (شكل ١١) تحصل معنا حيثئذ صورة يمكن وضعها بتمامها على جانب يكون اقل في العرض من صورة شكل ١٢ الا انه اذا اريد طي جانب متصل كافي (شكل ١١) فانه لا يلاء على وجه الضبط المحل الذى عين له على قارير السفينة فينبغى اذن بواسطة طرق ميكانيكية ان نجعل هذا الوضع بحيث يلاء المحل المذكور وبهذه العملية يكاد السطح المنتشر يكون معوجا دائما

وفي اجزاء السفينة التي يكون فيها انحناء القارير جسيما لا يمكن ان نستعمل جوانب منفية بدون ان تشد بنفس هذا الانحناء

(بيان عمل الاخشاب المخنية)

اذا اريد صناعة قطعة من الخشب عظيمة الانحناء وتطبيقها اسفل محيط ا ب ث (شكل ١٣) على مضلع لسفينة فالتاخذ مسطرة ثابتة على صورة خط مستقيم مثل د ه ونرسم بواسطتها مستويا يبين على مضلع السفينة نقط م و ث و ه الثلاثة التي هي من ا ب ث

ونعتمد من تلك النقطة المذكورة خطوط $م ١$ و $د ٢$ و $و ٣$
 الخ المستقيمة اعدة على $د$ ثم تقس طولها وبعد تمام ذلك نأخذ المسطرة
 المثلثية المتحركة ونضع ضلعها الاول على استقامة $م ١$ والضلع الثاني
 على امتداد سطح القارين فيصير الضلعان المذكوران في مستو عمودي على
 $د م د$ و وتجري هذه العملية ايضا في النقطتين الاخرين وهما $د$
 و $ص$ من منحنى $م د$ الخ فيحدث من اوضاع الضلع الثاني من
 المسطرة المثلثية المتحركة سطح معوج يكون وجهه اذ اخليا الخشب المطلوب علمها
 وبصنع وجهها الخارج ايضا يعمل سطح ثان معوج تكون المسافة بينه وبين
 السطح الاول واحدة من سائر الجهات ليكون سمك الخشب واحدا واما الوجه
 الضيق الذي ينبغي وضعه على $ا ب ث$ فان $ه$ يكون ايضا بواسطة
 المسطرة المثلثية المتحركة فيشاهد اذن زاوية حادة من الضلع الثاني الموضوع
 بالتوالي في $م د و و$ على سطح القارين ومن وجه التحام جانب
 $ا ب ث$ المفروض من قبل ذلك وبعد تمام هذا العمل لا يبقى علينا الا نقل
 هذه القطع في المحال التي تناسبها

واذا اريد صناعة سفينة فالتأنيدي كما تقدم بعمل قطع مزدوجة من الخشب
 بان نعشقها منثنى ونضعها على صورة مستويات منتصبة متوازية كما في
 (شكل ١٤) ثم نلصق هذه القطع المزدوجة في آن واحد بواسطة قطع
 من الخشب متينة نسمى بالزناشير تكون متجهة على امتداد ضلعي القارين
 او حافتيه وتكون النخبات التي تعقبها مستوية ومرسومة قبل ذلك في محل
 الارائيل او القوالب واما اجزاء السفينة التي يكون انحناءها قليلا بالنظر الى
 الطول فانه يكفي ان تصنع من مناشير مستطيلة مربعة الزوايا تريعا مناسبا
 ثم تني هذه المناشير بحيث تتلاقى في النقط المعينة على محيط المزدوجان
 المختلفة فاذا كان الجزء الاصغر من القارين الذي فيه وجه الزنار
 الذي ينطبق على القارين سطحاً منتشراً على شكل منطقة قائمة فان

الزئاريسهل ثنيه على هذا القارين عرضا وطولا واذا كان الجزء الاصغر من هذا القارين المغطى بوجه الزئار الذى ينبغي أن يكون متحدا معه سطحامعوجا لم يحصل بينهما الاتحاد التام فيجب مزيد الاعتناء وبذل الهمة الكافية فى تطبيق الزئار مع الدقة على مضع السفينة تطبيقا صحيحا بشرط ان يكون هذا التطبيق بموجب المحيط الذى فرضه المهندس فى رسم السفينة ولا يمكن استعمال هذه الطريقة فى الاجزاء المنحنية من القارين بل يجبر الانسان على مراجعة الطريقة الآتية

وهى اذا كان **ا ب ث** (شكل ١٤) جزءا من مستوى الزئار فالتابعين هذا المستوى بخطين يمر احدهما بالقارين على امتداد **ا ب ث** والاخر وهو **د ه** يصير خارج القارين ببعده مناسب ثم تقبس بالمسطرة المثلثية المتحركة الزاوية الحادة من هذا المستوى و سطح القارين فى كل من نقط **ا و ب و ث** على المزدوجات المختلفة

وبعد ان نضع قالب منحني **ا ب ث** على قطعة الخشب (شكل ١٥) التى يفصل منها الزئار نرسم **ا ب ث** ونقطع القطعة المسد كورة بان نضع أمام كل من نقط **ا و ب و ث** الخرزوات داخل فيها المسطرة المثلثية المتحركة فتبين الزاويا المرتفعة على السفينة مع الضبط والكمال ثم نجعل الخشب بين الخرزوات بحيث يحدد سطح منتشر او معوج ونعين فى داخل هذا السطح نقط **ا و ب و ث** المتساوية البعد من **ا ب ث** ثم نعين كذلك نقط **ا و ب و ث** المتساوية من **ا ب ث** بقدر عرض الزئار فيحصل بهذه الطريقة اول وجه **ا ب ث و ا** المنطبق على المزدوجات ثم نقطع الوجه الاعلا والاسفل بكيفية عمودية على وجه **ا ب ث و ا** ونجعل لهذين الوجهين عرضا لا يتغير من سائر الجهات ثم نقطع الوجه الرابع عموديا على الوجه الثانى والثالث ثم ان عمل هذه القطعة

وكذلك كيفية شغل العيسدان التي سبق ذكرها يكون على غاية من السهولة اذا كان اجراؤه على منوال نموذج في المدن التي على شاطئ البحر بخلاف غيرها من المدن التي ليست كذلك فانه يمكن التسهيل في ذلك عند تعسر توضيحه

وقد يستعمل في اعمارات المدنية السطوح المعوجة لاجل قطع اجزاء عقد بعض القنونات والسلام

ومن المعلوم ان درج السلام ينبغي ان تكون مستوية واقعية في الجزء الذي يستقر عليه قدم الانسان الصاعد والهابط ويكون محيطها مرسوما بواسطة

ا ب ث ف هـ د هـ ف ع ش الخ كافي (شكل ١٦)

الذي يشاهد فيه التحامات ب ث و هـ ف و ع ش الخ التي بواسطتها تكون كل درجة مستندة على الدرجة التي تحتها ومستندة للدرجة التي فوقها وفي السلام المتوازية الدرج تكون التحامات ب ث

و هـ ف و ع ش الخ موازية لبعضها ومستوية وتتكون صورتها كالاتي المتوازية الاضلاع

ولكن اذا كان اتجاه السلم متغيرا بحيث يطلق عليه اسم الدوران كانت مسألة الدرج من المشكلات التي يصعب حلها حيث يشاهد من مبدء الامر (شكل ١٧) ان عرض الدرج يختلف في كل نقطة من نقطه وذلك لانها تكون ضيقة جدا من جهة و التي هي عقدة السلم وتتسع في العرض كلما

برزت وبناء على ذلك يكون انحدار السلم الخامس بخط ع ف ث (شكل ١٢) الاسفل مستحسنا كلما كان بعيدا عن محور السلم فاذا يدنو

التحام الدرج وهو هـ ف العمودي دائما على ع ف ث من المنتصب عندما يقرب من ظاهر السلم ويدنو من الاقنى عندما يقرب من عقدة السلم

فان توالي اعمدة هـ ف على الضلع الداخل وهو هـ يتولد عنه رسم

سلم معوج مشابه للسلم الذي في شكل ٩ و ١٠ فاذن يكون
التحام الدرجتين المتواليين وهو **هـ** سطحاً معوياً فاذا قطعنا جميع
الاجزء المستوية من الدرجة بموجب القواعد الهندسية السهلة لم يبق علينا
الارسم وجه الالتحام وهو **هـ**

ولاجل ذلك نقسم طول كل درجة الى اجزاء متساوية ثم نمد من نقط القسم
التي هي ١ و ٢ و ٣ الخ المعينة على الضلع الداخل وهو **و**
(شكل ١٧) مستقيماً ١ و ١ و ٢ و ٢ و ٣ و ٣ الخ
اعداً على هذا الضلع ومتصلة بالضلع الداخلي وهو **و ب** بدون
واسطة

ويتبين لنا من (شكل ١٨) ارتفاع درجة **و هـ** العمودية على
و هـ ومن ثم تكون ١٥ و ٢٥ و ٣٥ الخ دالة على ١ و ١
و ٢ و ٢ و ٣ و ٣ من (شكل ١٧)

واذا مددنا في (شكل ١٨) ١٥ و ٢٥ و ٣٥ الخ عمودية على
١٥ و ٢٥ و ٣٥ الخ فان هذه الخطوط ترسم اتجاه وجه التحام الدرجتين اللتين
في **و هـ** بالنظر للنقط المتقابلة وهي ١ و ٢ و ٣ الخ فيكني اذن أن
نرسم بواسطة المسطرة المثلثية المتحركة زوايا **أ هـ ١** و **أ هـ ٢** و **أ هـ ٣** كي
يوجد في كل من نقط ١ و ٢ و ٣ اتخاء وجه التحام **هـ ف**
(شكل ١٦) من الدرج المتجاور

وتصير هذه العمليات واضحة وضوحاً تاماً اذا بينها المعلمون بموجب ارادتك من
الخشب ارجو

ثم ان السلام المعبرة كالسطح المتصل ولومن جهة سطحها الاسفل تكون من
قبيل السطوح الحارضية التي لها منفعة عظيمة في الفنون (راجع الدرس
الثاني عشر)

(الدرس الحادي عشر)

* (في بيان سطوح الدوران) *

حيث فرغنا من الكلام على السطوح المستوية وجب أن نشرع في ذكر
سطوح الدوران فنقول إنها سهلة التركيب ونستعمل كثيرا في الفنون
وخواصها تستعمل دأما في علم الميكانيكة وتحدثها الظواهر الطبيعية نصب
اعيننا على الدوام

فاذا فرضنا خطا منحنيا مثل ا ب ث (شكل ١) وادرناه حول
محور ا ث فان السطح المتولد منه يسمى سطح الدوران ويطلق على
الحركة التي تؤثر في الخط المنحني اسم الحركة المستديرة او حركة الدوران وبالجملة
حتى كانت تلك الحركة تامة بان كان مقدارها ٣٦٠ درجة فانها تسمى
دورا

فان كلا من قط ب و ب ب و ب ب الخ يرسم في هذه الحركة دائرة
وتكون جميع مستويات هذه الدوائر وهي ب ب و ب ب و ب ب
الخ متوازية وعمودية على محور ا ث الذي عليه مراكزها وهي
و و و و و الخ وقد تقدم لنا ذكر هذه الخواص المختلفة في الدرس
السادس

وليس بلازم ان يكون منحنى ا ب ب ب ث مستويا حتى يحدث عنه
سطح دوران عند ادارته حول ا ث وذلك انه اذا مدت من جميع نقط الخط
المنحني وهي ب ب ب ب ب ب ب الخ عمود ب و ب و ب و
و ب و على محور ا ث فان طول هذه الاعمدة وبعدها لا يختلفان
اذا كان مدها في مستوا واحد ويحدث عن نهاياتها وهي ب و ب
و ب ب الخ منحن مستوي يرسم عند ادارته حول المحور سطح دوران من
جنس ذلك المنحنى

وهذا المنحنى المستوى الذى يحدث بإدارته حول محور $\overline{أ ب}$ سطح الدوران يسمى دائرة نصفها هذا السطح ومن هنا سميت دوائر $\overline{ب ب'}$ و $\overline{ب ب'}$ الخ التى سطوحها عمودية على المحور وموازية لبعضها دوائر متوازية أو متوازيات فقط

وبقدر ما يمكن رسمه من الأشكال المتنوعة بواسطة خطوط مستقيمة أو دوائر أو منحنيات أخرى أو اجتماع هذه الخطوط يمكن أن نصنع عدة أجسام مختلفة من سطوح الدوران يظهر منها أنواع متميزة تميزا تاما على حسب وضع المحور بالنسبة لخط التولد

ولنسين على التوالى سطوح الدوران السهلة المهمة فى الصناعة فنقول

* (بيان سطوح الدوران المتولدة) *

* (من حركة خط مستقيم) *

إذا كان خط التولد عمودا على المحور فإنه يرسم عند إدارته حول المحور المذكور مستويا وقد ينشأ فى الدرس السادس الطرق المتنوعة التى تحدثها هذه الخاصية فى القنون لأجل صناعة سطوح مستوية

وإذا كان خط التولد المذكور موازيا للمحور $\overline{و و}$ (شكل ٢) فإنه يرسم أسطوانة مستديرة وهى التى سبق ذكرها وخاصيتها وتطبيقها على الصناعة فى الدرس الثامن

وإذا كان الخط المذكور مارا بنقطة من محور $\overline{و و}$ (شكل ٣) ومائلا بالنسبة لهذا المحور فإنه يرسم مخروطا مستديرا قد ذكرنا خاصته وتطبيقه على الصناعة فى الدرس التاسع

وإذا لم يكن ذلك الخط موازيا للمحور وكان بالنسبة لهذا المحور كضلع من سلم معوج موضوع جهة الضلع الآخر فإن الخط المذكور يرسم سطح دوران (شكل ٤) يكون انحناءه مختلفا فى الاتجاه

وإذا لم ير خط $\overline{أ ب}$ المستقيم بمحور $\overline{و و}$ أمكن أن نفرض خطا ثانيا مثل $\overline{أ -}$ موضوعا بالتماثل لمستوى $\overline{و و}$ المار بهذا المحور ويتقاطع

المستقيمان بالضرورة في نقطة $\overline{ح}$ الموضوع على مستوى التماثل وإذا
 اردنا مستقيمي $\overline{أ ب}$ و $\overline{أ ر}$ بمركبة متساوية حول المحور ليقربا
 او يبعدا مع التساوي عن مستوى $\overline{و و}$ فان ذلك المستوى يكون دائماً
 مستوى تماثلهما ويتقاطعان دائماً في نقطة واحدة موضوعة على المستوى
 المذكور وندير حول المحور مستوى التماثل وخطي $\overline{أ ب}$ و $\overline{أ ر}$
 المستقيمين فإذا كان الخطان المستقيمان منتظمين بحيث يتقاطعان دائماً على
 مستوى $\overline{و و}$ فإنه يحدث عن نقط تقاطعهما خط منحن وهو دائرة نصف
 نهار سطح الدوران المتولد من مستقيمي $\overline{أ ب}$ و $\overline{أ ر}$ ويتولد ايضا
 من الخطين المستقيمين المذكورين عند ادارتهما حول $\overline{د و}$ السطح
 المذكور وشكل ϵ يبين حالتي المستقيمين اللذين يحدث عنهما هذا
 السطح ويعرف التلامذة هاتين الحالتين حق المعرفة اذا بيناهم المعلوم ذلك
 على ارنيك بدائرتين من القوى متصلتين بمحور وبخيط متساوية الميل في
 جهتين متقابلتين

(بيان المقرض)

قد صنع العلم قرى وهو من قدماء المهندسين مقرضا عظيما له نصلتان
 مستقيمتان احدهما ثابتة وهي $\overline{أ ب}$ (شكل ϵ) والاخرى وهي $\overline{أ ر}$
 دائرة حول محور $\overline{و و}$ وهي دائماً مماسة في دورانها الاولى وتقطع ما بينهما
 من الاجسام

(بيان محلات الغزل)

هذه المحلات منها ما هو مصنوع من قضيبين مثل $\overline{أ ب}$ و $\overline{أ ر}$ دائرتين
 حول محور $\overline{و و}$ وهذه المحلة اذا لف الغزل على وسطها لا يمكن سقوطه عنها
 واذا اردنا ان نخلع عنها مقدار ذراع من الغزل الملقوف على وسطها فالتا تقرب
 القضيبين من المحور بطريقة ميكانيكية سهلة

(بيان الكرة)

يكفي لعمل هذا السطح تدوير دائرة $\overline{أم ب ن}$ (شكل ٥) حول قطر من أقطارها مثل $\overline{أ ب}$ وحيث ان جميع تقط محيط دائرة نصف النهار التي هي $\overline{أم ب ن}$ متساوية البعد من مركز $\overline{و}$ فكذلك تكون على بعد واحد من هذا النقطة التي هي المركز اذا ادركنا تلك الدائرة حول محور $\overline{أ و ب}$ فاذن تكون جميع تقط سطح الكرة على بعد واحد من مركز $\overline{و}$ الذي هو مركز الكرة المذكورة

وكل نقطة موضوعة في مستوى دائرة نصف النهار هي $\overline{أم ب ن}$ سواء كانت في خارجها او داخلها تكون بالنسبة لمركز $\overline{و}$ اقرب او بعد من تقط محيط $\overline{أم ب ن}$ فاذن تكون كل نقطة من القراع الموجود في مستوى دائرة نصف النهار بعيدة عن مركز الكرة اذا كانت في خارج الدائرة وقريبة منه اذا كانت في داخلها

وحيث ان تكون جميع تقط سطح الكرة على بعد واحد من المركز واما ما عداها من النقط فلا يكون على هذا البعد منه

واعلم ان كل مستو مار بمركز الكرة يقطعها في خط منحن تكون جميع تقطه على بعد واحد من المركز المذكور بمقدار يساوي نصف قطر الكرة ويكون هذا المنحنى دائرة فاذا ادركنا هذه الدوائر المختلفة على كل واحد من اقطارها حدثت اكر متحد المركز ونصف القطر فاذن تكون كلها بمنزلة كرة واحدة

وكل وتر مثل $\overline{م د}$ من دائرة $\overline{أم ب ن}$ (شكل ٥) يكون اصغر من قطر $\overline{م ن}$ ويزداد صغره كلما بعد عن مركز الكرة لكن اذا دارت

الدوائر حول محور $\overline{أ و ب}$ العمودي على وتر $\overline{م د}$ فان نصف وتر $\overline{م د}$ يرسم مستويا وترسم نهايته محيطا يكون موضوعا بتمامه على الكرة المذكورة فاذن ينتج اولان كل قطع مثل $\overline{م د}$ حادث عن مستوى الكرة يكون دائرة وثانيا ان الدوائر المرسومة على الكرة تكون اصغر من الدوائر التي يكون

مركزها في مركز الكرة ومن هنا سميت الدوائر الكبرى والاعظمى من الكرة
ونالنا ان الدوائر الصغرى تصغر بقدر بعد مركزها عن مركز الكرة
(ان الطرق المستعملة في رسم الكرة)

يمكن ان نعين (شكل ٩) على محور المخروطة الذي هو AB الجسم
المطلوب خروطه على صورة كرة ثم نعين على اى بعد من هذا المحور نصف دائرة
 AP التي قطرها $AP = AB$ وموازيه فاذا اخذنا آلة قاطعة
تبرز بقدر PM المساوي لما بين A و B من البعد ووجهناها
بالتوازي على امتداد AP فان سنها الذي هو M يرسم دائرة نصف
التيار التي هي AMB فاذا وجدنا وجهنا المخروطة فان هذه الدائرة
ترسم كرة

ويمكن ايضا ان نضع هذه الآلة القاطعة بحيث يتزحلق ساقها وهو P على طول
دائرة AP التي مركزها هو عين مركز دائرة نصف النهار وتكون متجهة
دائما نحو O التي هي مركز دائرة AMB و AP فمن الواضح اذن
ان كلامنا PM و PM يدل على تفاضل انصاف اقطار الدائرتين
الذاتتين حين يقطع P دائرة AP وينبغي ان يكون دائما PM
مستقرا على دائرة نصف النهار وبذلك يمكن سن الآلة على سطح الكرة مع
الثبات

ويمكن صناعة اربو اسطة الصب وبذلك تصنع كل المدفع التي هي اكر ممتلئة
ولاجل صناعة الجب والابوس التي هي اكر مجوفة ينبغي صناعة قالب تكون
صورة اجزائه مخططة (شكل ٨) ودالة على كرتين احدهما ممتلئة مثل A
والاخرى مجوفة وهي B وبين هاتين الكرتين نصب الجب
والابوس فيرى من ذلك ان صحة العملية منوطة بصورتين احدهما ينبغي
ان يكون لجزئ A و B شكل كروي تام الثانية ينبغي

أن يكون مركزهما موضوعين في نقطة واحدة ثم ننقل بواسطة المنحرفة سطح
السبك على وجه كروي

ولنخذ في دائرة $ام ب م$ (شكل ٩) وتر $م م$ ونصف قطر
وراء عمودا على هذا الوتر فإذا ادركنا شكل $ام$ وحول محور $اوب$
تحصل معنا ثلاث حالات الاولى انه يتولد من قوس الدائرة الذي هو
 $ام$ طيلسان كروي الثانية انه يتولد عن قطعة الدائرة وهي $م ام$ قطعة
كروية الثالثة انه يتولد عن قطاع الدائرة الذي هو $وم ام$ قطاع
كروي

وينبغي ان نفعل ما كثر استعماله من تلك المسائل في القنون فنقول
ماسطح الطيلسان الكروي الذي هو $م ام$ (شكل ٩) وماسطح الكرة
التامة وما يحجم قطعة الكرة وقطاعها وما يحجم الكرة التامة
ولاجل بيان سطح طيلسان $م ام$ (شكل ٩) ففرض اننا نبدا
 $م ام$ الذي هو قوس دائرة نصف نهار الكرة بكثير الاضلاع الذي لانه
لعدد اضلاعه مثل $م م$ و $ح ح$ الخ ثم ندير هذا المضلع حول محور
الطيلسان وهو $اوب$ فيحدث عن كل جزء من الخط المستقيم وهو $م م$
و $ح ح$ الخ مخروط ناقص يكون محوره $اوب$ ويكون بين السطح
الكلية لهذه المخاريط الناقصة و سطح طيلسان $م ام$ الكروي مخالفة
قليلة بقدر ما يوجد من الاضلاع في مضلع $م م ح ح ا ح م$ فحينئذ يكون
سطح المخروط الناقص القائم الذي هو $م م م م م م$ مساويا لمجموع محيط
القاعدتين مضروبا في نصف ضلع $م م$ اعني ان سطح المخروط
الناقص الذي هو $م م م م م م$ = (محيط $م م$ + محيط $م م$)
 $\frac{1}{2} م م$

وان سطح المخروط الناقص الذي هو $م م م م م م$ = (محيط $م م$ +
محيط $ح ح$) $\frac{1}{2} م م$ وهكذا

فإذا مددنا $م م$ موازيا للمحور فان الثلث القائم الزاوية الذي هو

م د ثه يكون متساويا للمثلث القائم الزاوية الذي هو $\overline{وع}$ الحادث
عن $\overline{وع}$ العمودي على وتر م د وعن $\overline{ع}$ العمودي على محور
او ثم على د ثه وعن $\overline{وع}$ العمودي على م ثه

فاذن يكون المثلثان متشابهين وينتج معنا هذا التناسب وهو د ثه
: م د :: ع : ع :: المحيط الذي نصف قطره ع : ع او الذي
قطره ع الى المحيط الذي نصف قطره ع او الذي قطره ا ب
وذلا اذ فرضنا ان عدد اضلاع المضلع كثيرة بحيث لا يوجد تفاضل ظاهر
بين $\overline{وع}$ و $\overline{وم}$ = $\overline{وا}$ الذي هو نصف قطر الكرة فينتج اذن ان
م د x محيط ع ي = د ثه x محيط ا ب ولكن ع ي
= $\frac{1}{r} (م د + د د)$ فاذن ينتج ان م د x $\frac{1}{r}$ (محيط م د)
+ محيط د د = د ثه x محيط ا ب

والحد الاول من تلك المساواة هو سطح المخروط الناقص الذي هو م د د
والحد الثاني هو محيط دائرة نصف النهار مضروبا في د ثه الذي هو
ارتفاع المخروط الناقص

فاذن متى كان كثير الاضلاع الذي هو م د ح الخ متكونا من عدة اضلاع
صغيرة جدا فان السطح المتولد منه يكون مساويا لمحيط دائرة نصف
الكرة مضروبا في مجموع ارتفاعات د ثه و ح ثه الخ من المخاريط
الناقصة المتولدة من دوران اضلاع المضلع فاذن ينتج

اولا ان سطح الطيلسان الكروي وهو م ا ث يكون مساويا لمحيط الدائرة
الكبرى مضروبا في سهم الطيلسان وهو ا و

ثانيا ان سطح الكرة يكون مساويا لمحيط دائرة ثتها الكبرى مضروبا في قطر
هذه الدائرة

لكن حيث كان سطح دائرة ا م ب ثم الكبرى يساوي المحيط مضروبا
في نصف نصف القطر اي ربعه كان سطح الكرة مساويا لسطح الدائرة
الكبرى او دائرة نصف النهار اربع مرات واذا علم انه لاجل تغطية دائرة

أ م ب م أ من جميع جهاتها (شكل ٩) يلزم مقدار ما أو سطح من
الرسم أو من صفائح النحاس أو الحديد أو الرصاص أو غير ذلك ويستنتج منه أنه يلزم
مقدار يساوي أربعة أمثال المقدار المذكور من أدوات الرسم أو من
الصفائح المعدنية لتغطية الكرة بتمامها التي دائرة نصف نهارها هي الدائرة
المتقدمة وكذلك يغطي نصف الكرة التي قاعدتها الدائرة المتقدمة بمقدار على
النصف من المقدار السابق

(بيان مساحة حجم الكرة وقطوعها)

إذا اعتبرنا أن سطح الكرة مركب من أوجه صغيرة جدا كثيرة العدد يمكن أن
نعتبر أن كلًا من هذه الأوجه مستوي يكون قاعدة الهرم رأسه في مركز الكرة
فيكون مجموع هذه الأهرام هو عين حجم الكرة وحيث أن حجم كل هرم يساوي
سطح قاعدته مضروباً في ثلث ارتفاعه الذي هو هنا ثلث نصف القطر فإن حجم
الكرة التام يكون مساوياً لمجموع الأوجه الصغيرة التي جعلت عوضاً
عن سطحها المضروباً في ثلث نصف القطر وعلى ذلك يكون قياس حجم الكرة
مساوياً لسطحها مضروباً في ثلث نصف قطرها أو يساوي أربع مرات سطح
دائرتها الكبرى مضروباً في ثلث نصف القطر

وسأبني أن حجم قطاع الكرة وهو $و م أ م$ و (شكل ٩) يكون مساوياً
لحاصل ضرب سطح طيلسان $م أ م$ في ثلث نصف قطر الكرة فإذا طرحنا
من هذا الحاصل حجم مخروط $م و م$ نحصل معنا حجم القطعة الكروية
وهي $م أ م = \frac{1}{3}$ محيط $أ م ب م \times أ و \times أ و - \frac{1}{4}$ محيط
 $م م \times و و \times م و$

ثم إن الطريقة التي نستخرج بواسطتها الكرة تفيدنا في شأن هذا السطح طريقة
تركيب تستعمل بكثرة في الفنون فإذا لزم تغطية قبة كروية بصفائح مستوية
من المعادن أو من أي مادة كانت تقسم تلك القبة بعدة مستويات متوازية
إلى مناطق أو قطع مستديرة مثل $م م و و و و ح ح الخ$
(شكل ٩) ونفرض أنها مخروطية فتكون قابلة لثلاث أروها هي الطريقة

التي يرسم بواسطتها المخروط الناقص الذي هو $\overline{م م م م}$ المنتشر
وهي أن $\overline{م م م م}$ و $\overline{م م م م}$ (شكل ٩) حتى يتلاقيا نقطة $\overline{ض م}$ التي
هي رأس المخروط الذي مخروط $\overline{م م م م م م}$ جزء منه فإذا نشرنا هذا المخروط
فجميع نقط كل قاعدة مثل $\overline{م م م م}$ و $\overline{م م م م}$ التي هي على بعد واحد من
رأس $\overline{م م م م}$ (شكل ٩) تنشر على حسب قوسى الدائرة وهما $\overline{م م م م}$
و $\overline{ن ن ن ن}$ (شكل ٩ مكرر). اللذان مركزهما واحد وهي
نقطة $\overline{ض م}$

وينتج (شكل ٩ و ٩ مكرر) ان محيط $\overline{م م م م} = \overline{قوس م م م م}$
ومحيط $\overline{م م م م} = \overline{قوس ن ن ن ن}$ وإذا كان المطلوب معرفة مقدار
زاوية $\overline{م م م م}$ نقول ان قوس $\overline{م م م م}$ يساوى المحيط الذي
نصف قطره $\overline{م م}$ و غير ان نسبة المحيط الى المحيط الذي نصف قطره $\overline{م م}$
:: $\overline{م م} : \overline{م م م م}$ فاذن يكون المحيط الذي نصف قطره $\overline{م م}$ و

$$\overline{م م م م} = \overline{م م م م} = \frac{\text{المحيط الذي نصف قطره } \overline{م م م م}}{\overline{م م م م}} \times \overline{م م م م}$$

فينتد قوس $\overline{م م م م}$ هو كناية عن $\overline{م م م م} \times ٣٦٠^\circ$ من

المحيط الذي نصف قطره $\overline{م م م م}$ وتكنى عملتنا الضرب والقسمة في تحصيل

عدد درجات زاوية $\overline{م م م م}$ وبذلك تحصل هي نفسها متى عرفنا هذا

العدد فالتاثير مع $\overline{م م م م} = \overline{م م م م}$ و $\overline{م م م م} = \overline{م م م م}$

التي هي انصاف اقطار قوسى $\overline{م م م م}$ و $\overline{ن ن ن ن}$ (شكل ٩

مكرر) فيتحصل حينئذ منطقة $\overline{م م م م م م م م}$ التي عند

اثنائها الطبيعي الحاصل باتصال طرفى $\overline{م م م م}$ و $\overline{م م م م}$ يحدث المخروط

الناقص الذي هو م م م م (شكل ٩)

وقد يصنع السمكري او صانع القوي بواسطة صفائح من المعدن او من القوي
مجزأة الى مناطق مستديرة ملتحمة او ملصوقة بالغراسطوحا تكون مغايرة
للكرة على حسب ضيق مناطق تلك الكرة وكثرتها ويتقعرهما في ذلك الطريقة
السابقة غاية النفع ويستعملها في الغالب البناؤون والنجارون
وبعد أن يينا طريقة صناعة السطح الكروي بخاريط لزم ان ينين طريقة
صناعته باسطوانات فنقول

لنفرض اننا نخرج من محور الكرة الذي هو **أوب** بعدة دوائر مستوية من
دوائر انصاف النهار (شكل ١٠) بحيث تقسم الفراغ الموجود حول
هذا المحور الى زوايا مستوية صغيرة جدا ونصور زيادة على ذلك جملة
مستويات عمودية على محور الكرة فتكون موازية لبعضها فتقطع اولا
الكرة الى دوائر متوازية وثانيا تقطع دوائر انصاف النهار الى عدة نقط
تكون على بعد واحد من بعضها فوق هذه الدوائر فتكون تلك النقط رؤسا
للاشكال المضاعفة المنتظمة المتشابهة التي اضلاعها المتقابلة متوازية لجميع
الاضلاع المتوازية المتحددة الاتجاه يحدث عنها اسطوانة تمر اضلاعها دفعة
واحدة بدائرة نصف النهار المتوازية فينتج من ذلك عدة مناطق اسطوانية
متشابهة من حيث سطحها الشقوق فاوونة مضلعة وكلما كثرت اضلاع المناطق
المذكورة قرب السطح الحادث عنها من سطح الكرة

(بيان اجراء العملية)

قد يجمع على هذا النوال بواسطة شقوق اسطوانية لاجل صناعة لكر او قطع كرة
الحريير المصمغ والجلد والقوي والحريير الخالص والورق والقز وما شابه ذلك
مما يستعمل في صناعة القصب الهوائية والمثانات الصغيرة المحتلثة بالهواء
والاكر التي يلعب بها والاكر الارضية والسماوية المعدة لتعلم على الجغرافية
والهيئة ومظلة المطر والشمس ووقاية النظر التي على هيئة نصف الكرة
المستعملة لمنع ضرر ضوء السارج وقد يكون اتجاه خطوط نصف النهار

في مظللات الشمس والمطروفي وقاية العين معيناً بواسطة سلول من الحديد
وانظر هنا صورة الشكل الآتي الذي يلزم ان يكون للشق الاسطوانية التي
يحدث عن مجموعها سطح تكون التماماته او محيطه دوائر انصاف نهار كرة
واحدة

وتكون فيه عروض $\overline{م م} = \overline{م م}$ و $\overline{ن ن} = \overline{ن ن}$ الخ
(شكل ١٠) من احدى تلك الشق مناسبة لنصف القطر اللذين هما
 $\overline{م م}$ و $\overline{ن ن}$ من الدائرتين المتوازيين وذلك لان مثلثي $\overline{م م}$ و $\overline{ن ن}$
قطري الدائرتين المتوازيين المطابقتين لخطي $\overline{م م}$ و $\overline{ن ن}$ تحصل
معناهذا التناسب وهو $\overline{م م} : \overline{ن ن} :: \overline{م م} : \overline{ن ن}$ فاذن نعرف بغاية السهولة العروض التي تطابق النقط من كل شدة
وبذلك نعرف شكل هذه الشق

(بيان اجراء العملية في علمي الجغرافيا والهيئة) *

اعلم ان خواص الكرة تستعمل في هذين العلمين استه ما لا مفيداً
فقد يكون شكل الارض في الظاهر على صورة سطح دوران لا يغاير الكرة
الا قليلاً

وقدمك الناس قروناً عديدة حتى عرفوا ان الارض مستديرة من جميع
جهااتها وسميت كرة لان شكلها كروي ولم يعرف علماء الهيئة ان الارض مسطحة
من جهة وبارزة من جهة اخرى عمودية الا بمعرفة خواص الهندسة
والميكانيكة التي ظهرت في آن واحد

وحيث رأى الجغرافيون ان سطح الارض كروي قسموا السطح المذكور
بهذه الكيفية

وهي انهم اطلقوا اسم المحور على الخط المستقيم الذي يترأى لهم ان السماء
تدور حوله دورانا تاما في ظرف اربع وعشرين ساعة واطلقوا اسم قطبي
الارض على النقطتين اللتين يمر بهما المحور المذكور من سطح الارض وسموا

بسطوح دوائر انصاف النهار كل ما مر منها بهذين القطبين وجعلوا دوائر
انصاف النهار الخطوط التي ترسمها هذه السطوح على سطح الارض وجعلوا
المتوازيات جميع الدوائر المرسومة على سطح الارض المذكورة بواسطة
مستويات متوازية وعمودية على الارض

فاذا اعتبرنا ان الارض سطح دوران كان كل متوازيين على بعد واحد من
بعضها مواكبا لدوائر انصاف النهار هي التي تقاس بها المسافة الناصلة
للمتوازيات على السطح المذكور

وكل متوازي يمر سطحه بمركز الارض فهو اكبر المتوازيات ويسمى بخط
الاستواء لانه يقسم الكرة الى جزئين متساويين يسمى كل منهما بنصف
الكرة

ونصف الكرة الشمالي هو الذي يكون فيه القطب الشمالي وعليه فتكون بلاد
قراش موضوعه في نصف الكرة الشمالي ونصف الكرة الاخرى يسمى جنوبيا
تسمية له باسم القطب المشتل هو عليه

فاذا فرضنا ان هناك ٣٦٠ من مستويات دوائر انصاف النهار متساوية البعد
فانها تكون مشتملة على زوايا قدر كل زاوية درجة واحدة وتقسم المتوازيات
وخط الاستواء معا الى ٣٦٠ جزءا متساوية اعني الى ٣٦٠ وهي
درجات الطول فاذا قسمنا المسافة المنحصرة بين اثنتين من دوائر انصاف النهار
المذكورة التي هي ٣٦٠ الى ٦٠ جزءا متساوية بمستويات دوائر
انصاف نهار كذا اخرى فان هذه المستويات تقسم درجات الطول الى ٦٠
جزءا متساوية وكذلك الى دقائق وغير ذلك

فاذا كانت المتوازيات متساوية البعد وكان عددها ١٨٠ فانها تقسم
دوائر انصاف النهار الى ٣٦٠ جزءا متساوية وهي درجات العرض وقد
يقسم بعض المتوازيات المتوسطة تقسيما ثانويا تلك الدرجات الى دقائق وثوان
وفوائد وهلم جرا

(بيان قسمة سطح الارض الى مربعات كروية ليتيسر بها تخطيط الاماكن) *

كأن سطح المستوى يتقسم الى مربعات بواسطة خطوط متوازية وعمودية
 اثنين بها وضع الاشكال المرسومة على هذا المستوى كذلك يتقسم سطح
 الكرة الى مربعات كروية بواسطة دوائر متوازية وعمودية ليستين بهامع
 الضبط والصحة على هذا السطح وضع سائر الاماكن والخطوط الشهيرة
 كوضع المدن ومجاري الانهار واتجاه سلاسل الجبال ومحيط شواطئ البحر
 ونحو ذلك

فانه متى عين في نصف الكرة ما يكون عليه وضع المكان من المتوازيات
 اودوائر انصاف النهار كان وضع ذلك المكان معينا تعينا تاما وطريق ذلك
 ان نعد المتوازيات بواسطة درجات العرض على هذا الوجه وهوان يتبدى من
 0° و 1° و 2° و 3° الى 90° ويكون ذلك من خط الاستواء الى
 القطب الشمالى من الجهة الاولى والى القطب الجنوبى من الجهة الثانية ونعد
 ايضا دوائر انصاف النهار بهذه الكيفية بان يتبدى في العدم 0° و 1°
 و 2° و 3° الى 180° من درجات الضول ويكون ذلك من دائرة نصف
 النهار التى تمر برصد خانة باريس مع تعيين درجات المشرق ودرجات
 المغرب فاذا وصل الانسان الى 180° من درجات الطول كان على دائرة
 نصف نهار باريس

ومتى عرفنا بهذه الكيفية وضع اى نقطة من الكرة على احد نصفي الكرة
 كفى في الوقوف على وضعها الحقيقي الذى لا يلبس بوضع آخر ان نعرف عدد
 الدرجات الذى يدل على طولها والذى يدل على عرضها
 واقع عملية في الجغرافيا والهئية والملاحة هى التى عرف بها وضع المدن
 الشهيرة والجهات العنيتية من الكرة بواسطة عدد الدرجات وكتسورها
 في الطول والعرض الدالين على وضعها وبالجمله فهذه الطريقة تستعمل
 كما رأيت في تعيين وضع اى نقطة على الكرة بواسطة عددين وهى اقرب شيها
 بالطريقة التى نستعمل في تعيين وضع اى نقطة على مستوي بواسطة
 عددين

وقد تستعمل إحدى الطريقتين في رسم سطح الأرض الكروي على خاتمة
مستوية ذات مربعات متكونة من خطوط مستقيمة

وقد يرسم بعض الخطوط المستقيمة المتوازية المتساوية البعد التي هي α و α
و α و α و α و α و α و α الخ (شكل ٢ لوحة ٥)
ودوائر نصف النهار المنفردة على هيئة مستقيم قديم حينئذ الخطوط
المستقيمة المتوازية التي هي α و α و α و α و α و α الخ
الدوائر المتوازية المنفردة الممتدة لأن خط α و α = α و α
= α و α وهكذا مع أن المتوازيات تصغر كلما بعدت عن خط
الاستواء

ولنفرض الآن أن تقاسيم α و α و α و α و α و α الخ
تتعد بالتناسب إلى المتوازيات المقابلة لها وهي α و α و α و α
و α و α الخ فإذا فرضنا أن المربعات صغيرة جدا يمكن أن نعتبر أن كل
واحد من المربعات التي رسمت على الكرة مربع مستو طوله وعرضه مناسبان
للطول والعرض من المربع الممتد بالتناسب في الجهتين على الخاتمة
المستوية

حينئذ تكون جميع الأشكال المرسومة على الكرة في الخاتمة المختصرة منقولة
على أجزاء متشابهة مستوية وعليه فتكون الأجزاء الصغيرة التي تتركب
منها الأجزاء المتشابهة متشابهة ويحدث عن خطوطها مع بعضها جلة زوايا
كما تحدثها مع المتوازيات ودوائر نصف النهار وغير ذلك ومن هذا القبيل
ما يسمى بالخانات البحرية

(بيان اجراء العملية في اتجاه الطرق)

(في علم الملاحة)

إذا أراد الإنسان في سياحته أن يسلك طريقا واحدة يتولد عنها مع دائرة
نصف النهار زاوية واحدة فإن تلك الطريق ترسم على الخاتمة الكروية بواسطة
خط مستقيم ممتد من النقطة التي يتبدى منها السباح إلى النقطة التي ينتهي إليها

وبهذا الخط نعرف زاوية الطريق التي سلكها الملاح في انتقاله من محل الى آخر
سواء كان سيره في بحر كروي الشكل او سطحه ذو تعريجات وانعطافات
واذا فرضنا ان الارض كروية الشكل فانما اراد الجغرافيون بذلك انها مع عدم
تساوي اجزائها المختلفة التي تظهر من سطحها تغاير قليلا صورة سطح الكرة
بالنظر لعظم جرمها وان كان في الواقع ونفس الامر ارتفاع الجبال الشاهقة
لا يساوي جزءا من الف من قطر الكرة القريبة جدا من شكل الارض وعظم
جرمها

وقد تكون خشونة قشر النارية مثلا بارزة بالنسبة لجمها اكثر من الجبال
الشاهقة بالنسبة لجم الارض

ولاجل قياس ما بين تلك الاجزاء من الاختلاف مع غاية الضبط نفرض انه
من نقطة معينة من شاطئ بحر او بحيرة مثلا نرسم سطح كرة يكون مركزه عين
مركز الارض ونعين عليه دوائر انصاف النهار والمتوازيات المقابلة لدوائر
انصاف النهار الارضية

ولاجل تحديد وضع اى نقطة من الكرة يلزم تعيين ارتفاع النقطة المذكورة
من اعلا سطح الكرة المتقدمة ثم نعين عددا درجات الطول والعرض اللذين
يعرف بهما المتوازي ودائرة نصف النهار الماران بالعمود الممتد من النقطة
المقصودة الى سطح الكرة

وسندين عند الكلام على معادلة السوائل كيفية قياس ارتفاعات النقاط
المختلفة من الكرة ونقلها الى سطح الكرة المجمعولة حد التثنية بواسطة الآلة
المسماة بالبارومتر ومثل هذه الاقيسة ليس مما يرغب فيه الانسان كمال
الرغبة وانما يستعملها المهندس الذي يريد رسم خلدان او طرق ليعرف بها
ارتفاعات الانخفاض والارتفاع اللذين يلزمه جوبهما عند ارادته الذهاب
من محل الى آخر وتعمل ايضا في قسمة الكرة الى اقطار تكون ارتفاعاتها
دالة على الاقطار الحارة وعلى كثير من الخواص الطبيعية

وزيادة على ما بين الاجزاء الارضية من الاختلاف الكثير الذي يتولد منه

تعريجات قليلة الامتداد او كثيرته وظاهرة قليلا او كثيرا على سطح الكرة
الظاهر ترى في صورة الارض تغيرا واختلافا عاما في جميع اجزائها يبعدها
عن شكل الكرة فتراها مسطحة من جهة قطبيها ومنقطة من جهة خط
الاستواء فاذا كان الانسان على سطح الكرة وكان في القطب فانه يكون
قريبا من مركز الارض اكثر مما اذا كان في الاقطار المتوسطة ومن باب اولي
اذا كان في خط الاستواء

ثم ان معرفة تسطح الارض مهمة جدا في الصناعة لما ان تسطحها يجعل
درجات العرض طويلة من جهة القطب وقصيرة من جهة خط الاستواء
وله تأثير عظيم في قوة الثقل التي تنقاد اليها جميع الاجسام وهذه القوة في جهة
القطب اعظم منها في جهة خط الاستواء ومن هنا البندول المنقول من القطب
الى خط الاستواء فالتى ترى حركته تبطئ شيئا فشيئا واذا لم يكن هنالك مانع
ترى عود الهواء الواقع على القطب انقل من العمود الذي يقع على خط
الاستواء وينتج من ذلك تنوعات في حركة الآلات المائية والآلات البخارية
وغيرها

وسأأتى لك عند الكلام على الآلات والقوى المحركة في المجلد الثاني والثالث
بيان القاعدة التي بمقتضاها يتغير ثقل الاجسام وثقل الكرة الهوائية وسرعة
البندول في الاماكن المختلفة من الارض وبيان ما ينتج عن ذلك من النتائج
المستعملة في عدة فنون

* (بيان الكرة السماوية) *

نستعمل الكرة المنقسمة بواسطة المتوازيات ودوائر انصاف النهار الى
مربعات ليعرف بها وضع الكواكب في السماء كما يعرف بها ذلك على الارض
ففرض اول ان السماء كرة محورها ومركزها عين محور الارض ومركزها ونانيا
ان جميع الكواكب تكون موضوعة على سطح الكرة المذكورة
وحيث ان معظم الكواكب وهي الجيوم على بعد واحد من بعضها في الكرة
السماوية كان وضعها الاصلى لا يتغير

فاذا كان هذا النجم موضوع مع غاية الضبط على اتجاه المحور بمعنى انه قريب جدا من القطب كان بمفرده ثابتا اذا تحركت النجوم الاخرى فلذا يسمى بالنجم القطبي لقربه منه ثم تراه برسم دائرة صغيرة جدا وقد يتغير وضع جميع الكواكب بالنسبة اليها فلذا كان الفلكيون يقيسون عدد درجات الطول والعرض التي تدل على الوضع المذكور وفي اليوم يتأمله وفي ساعات معلومة منه فاذا عينوا في السماء عدة نقط منفردة عن بعضها تدل دلالة تامة على الطريق الذي يقطعه الكوكب فانهم يرون من هذه النقط بخط منحن مستمر وهو الطريق الذي يسير فيه الكوكب بتحركه الظاهري على سطح الكرة السماوية

وبعرقه هذه المنحنيات المرسومة بحركة الكواكب علم النجوم انها مسطحة وقابلة لان تكون مرسومة على مخروط قائم مستديرا وسطح دوران مخروطي وهو القطوع المخروطية فالكواكب السيارة ترسم في سيرها قطوعا ناقصة ويترآى ان ذوات الذنب ترسم قطوعا مكافئة وان الشمس تشغل نقطة احتراق هذه الخطوط المنحنية (راجع الدرس الثالث عشر)

ولهذه العمليات الهندسية مدخل عظيم في سير الكواكب فبدونها لا يمكن ايجاد خاصية التجاذب العظيمة التي تبين قوى الكواكب السيارة وحركاتها وتجعل لهم الفلك عند التأخرين علوشان ومزيد اعتبارا كثيرا كان عليه عند المتقدمين

ولذا كانت الهندسة لا تتغير في تطبيقاتها على الصناعات من ادنى نحاس يصنع قهعا على شكل مخروط قائم مستدير يقطعه بالانحراف على وضع مائل اذا اراد تطبيقه على انا مثل الى اعلام مهندس يحسب سير الاجسام السماوية وشكل المخاريط النظرية التي قواعد الخطوط المنحنية المقطوعة بمركز الكواكب فان الهندسة في ذلك كله واحدة وكذلك السطوح والقطوع والخطوط المنحنية المستعملة في اسهل الصنائع واعظم تطبيقات العلوم فانها ايضا واحدة لا تتغير

وقول ان الغرض الاصلى من هذه المقابلات هو تسهيل المسائل التى بدون ذلك يفزع الانسان من مطالعتها لكن يسهل عليه فهمها ان وقف على ما بينها من المناجاة وعلى كيفية اجراءهم عند جميع الناس حيث انهم استعملوا فى اشغال كثيرة مباشر عمليتها كل يوم بايدينا او تكون نصب اعيننا فلا مانع ان نقول ان ذلك هو حقيقة الهندسة التى تطبق على العلوم والقنون والحرف

واذا رصدنا مع التأمل وامعان النظر منظر السماء فى ليلة صحو رأينا الكواكب التى تزين القبة السماوية لا تمكث ثابتة بالنسبة الىنا بل نراها ترتفع على التوالي كالشمس من جهة المشرق آخذة الى الجنوب وتنخفض جهة المغرب حتى تختفى الى غد

وكل نجم يرسم فى هذه الحركة دائرية بجميع هذه الدوائر متحدة المحور وهو عين محور الارض ولذا كان يترأى لنا من منظر السماء كأن القبة السماوية لها حركة دوران حول محور الارض

وقد اعتقد كثير من الناس فى قرون عديدة ان جميع الكواكب تدور على الوجه السابق حول الارض التى هى على اعتقاد العامة ثابتة فى مركز الدنيا وبالمهندسة يظهر لنا من هذا المنظر السماوى وما يبدو فى شأنه من الخفيا

وذلك اننا بعيدون عن الكواكب بحيث ان الاشعة النظرية الصاعدة من اماكن مختلفة من الارض الى كوكب واحد تظهر باجتماعها متوازية فاذن يكون منظر السماء واحدا سواء كان الناظر على سطح الارض او فى مركزها فاذا فرغنا ان الناظر فى المركز وان السماء تدور بحركة تامة منتظمة فى طرف اربع وعشرين ساعة حول محور الدنيا كانت الارض ثابتة واذا فرضنا ان الشمس ثابتة لزم عكس ذلك وهوان الارض تدور حول محور الدنيا وفى هذه الحركة يكون الكوكبان اللذان يترأى انهما ثابتان هما قطبا الدنيا وحيث ان بعد كل كوكب من هذين القطبين لا يتغير فان كل كوكب صاعدا كان اوهابطا بالنسبة

لاق عدة تقط مختلفة من الارض يكون دائماً على شعاع نظري يصنع مع الشعاع الذي يتجه نحو القطب ويدل على محور الارض زاوية واحدة فاذن يترأى لسان كل كوكب يتحرك على مخروط واحد مركب من الاشعة النظرية ولا تزال جميع الكواكب عند قريها من مخاريطها ثابتة على بعدها الخاص بها وعليه فيكون منظر السماء واحد الوفرض ان الارض ثابتة والسماء متحركة فمن كانت مشابهة مناظر السماء نعرف بواسطة خاصية سهلة جداً من دوران السطوح والنقط حول محور ثابت فاذا كانت الارض ثابتة فان القبة السماوية تدور حول محور الارض وبالعكس اعني انه اذا كانت القبة السماوية ثابتة فان الارض تدور على نفسها ومتى عرفنا قواعد الحركة المستديرة رأينا ما استقر عليه رأى المهندسين في شأن السماء والارض

ولست الكرة بمنزلة سطح دوران بحيث يمكن تولده بدوران دائرة حول خط مستقيم فاذا فرضنا ان محور السطح المذكور لا يمر بمركز الدائرة فانه يحدث سطح من جنس السطوح التي تسمى بالحلقية لان الحلقات التي نستعمل في الصناعة هي نوع خاص من جنس السطوح المذكورة ومن المعلوم ان سائر مستويات دوائر انصاف النهار تقطع الحلقة في دوائر متساوية كما في (شكل ١٢) وان جميع المستويات المتوازية تقطع ايضا السطح المذكور في دوائر نصف قطرها مختلف

واعلم ان الخواتم التي يلبسها الرجال والنساء في اصابعهم هي في الغالب سطوح مستديرة تسمى بالحلقات

ويستعمل في الفنون حلقات مثل **ا ب ث** كما في (شكل ١٣)

تربيعين **د ه** من رزة **د ه** **ف** المسيرة في البلاط وفي حائط يحدث عنها حلقة ثابتة يرتبط فيها حبل

ويستعمل ايضا شكل الحلقة **ا ب ج** منها في تزيين العمارات

وقد يكون ربعان من الدائرة وهما **ا ب** و **خ ح** (شكل ١٤) الموجودان في رؤس الاعمدة وقواعدها ربعين من السطح الحلقى المتولد من

دوران دائرة حول محور العمود وتكون بسطة ب ب نصف سطح
حلق مصنوع من دوران الدائرة حول محور العمود المذکور

ويستعمل المعماري ايضا السطح الحلق لصناعة القبة ومن ذلك ما يشاهد
في العمارة الطريفة التي بسوق القمح بباريس من القبة الطريفة التي على
شكل نصف كرة مثل ا ب ث كما في (شكل ١٥) حولها سطح

حلق جابهه مركبان من نصف كرتي ا د ه و ث ف غ
وقد تركب الآتية المستديرة القديمة التي على هيئة (شكل ١٢) من اجزاء

اسطوانية مثل ا ب و ث د و ه ف و ع ش ومن اجزاء
حلقية ايضا مثل م ن و ح خ و ز ح و ط ع و س ض
وحين يضع الخياط الخراطة حول باب مقنطر مصمت ترسم الاجزاء المستديرة
من حديد فانه سطوحا حلقية

ويكون ناقوس ا ب ث د ه (شكل ١٧) المستعمل للدق
في المعامل والكنائس والمساكن الساذجية سطح دوران مركبا من اجزاء
مخروطية ومن اجزاء حلقية

ثم ان البحارة يستعملون حلقة غير كاملة الاستدارة ويسمونها بالقشرة
ويافون على هذه الحلقة حبلان يكون مسكنه تجويفها الخارجي ويشد
طرفاه بحيث يتعذر خروج الحلقة منهما ثم يوضع فيها حبل ثان يتحرك فيها
بدون مانع

وقد اجتمع علماء الهيئة زمانا طويلا في ظواهر زحل وخاتمته الذي يظهر مع
التدريج بهيئات مختلفة مثل ا و ب و ج كما في (شكل ١١)
ولم يكن لهم الوقوف على حقيقة ذلك لكنهم اذا تجرؤوا في المعارف الهندسية
عرفوا بغاية السهولة ان خاتم زحل الذي تتغير مظهره وهي ا و ب و ج
ويكتنف تارة كرة زحل وتارة يقطعها ليكون في الحقيقة ثابت الصورة والنظم
وتكني طريقة المساقط السهلة في ايضاح الخاتم المذکور

والسطح الحلق الذي يستعمل في انثون بكثرة هو ادارة الفارات المستعملة

في البكرات هي اسطوانات مسطحة بالكلية من جهة عرضها ومجوفة من جهة محيطها على هيئة سطح حلق متولد عن دوران قوس دائرة ويحدث ايضا عن قطع عجلات عربية مثل $\overline{م}$ و $\overline{م}$ و $\overline{م}$ (شكل ١٨) سطح دوران حلقوي ويكون جزء هذه العجلات الذي في مركزها مصمتا وهو ما يسمى بقلب العجلة وهو $\overline{أ ب ث د}$ ويضم سطح الدوران المذكور بانصاف اقطار متساوية البعد عن بعضها الى الحلقة التي تصنعها القطع وتكون القطع المذكورة المتراكبة من اجزاء متساوية مغطاة يجلب من الحديد يتصلب بها اطراف القطع التي هي مسطرة عليها

وهناك عجلات تكون ساثرانصاف الاقطار بالنظر اليها في مستوا واحد مثل $\overline{ر ر ر ر}$ وحيث تكون الجلب المتخذة من الحديد عمودية من جميع الجهات على المستوى المذكور ويحدث عنها اسطوانة

وهناك عجلات اخرى تكون انصاف اقطار $\overline{ض ض}$ و $\overline{ض ض}$ الخ بالنظر اليها متجهة كاضلاع المخروط القائم المستدير والجلب العمودية من جميع الجهات على استقامة انصاف الاقطار المذكورة يحدث عنها في حداثتها سطح مخروطي ومن هذا القبيل العجلات المخروطية

وعند ذكر الخواص الميكانيكية للعجلات نبين ما لنوعى سطوح الدوران المذكورة من المنافع والمضار لاجل نقل الاثقال

وسطح البراميل هو احد سطوح الدوران التي اشتهرت دون غيرها بساذجية تركيبها لانها مركبة من الواح رقيقة السمك تسمى دفوقا وملتصحة باضلاعها الضيقة جدا بحيث اذا طويت مع الشدة بدوائر متوازية كدوائر $\overline{أ ب د ا}$ و $\overline{د ش د}$ و $\overline{ث د}$ كما في (شكل ١٩) وبقيت على ذلك الطي حدث عنها سطح دوران متوازياته هي عين الدوائر وجوانبه هي التحامات الدفوف

ولاجل غلق سطوح الدوران المذكورة تصنع مستويا مستديرا من الواح اخرى رقيقة جدا تسمى بالقصاع ويكون هذا المستوى مفصلا على حسب الاطراف

ومصنوعا على صورة قطع مخروطية ليدخل في حزم مستديري يسمى مدخلا
ويحفر على الوجه الداخل من الدفوف

ويجب على صانع الدفوف بعد أن يجعل لها سمكا مناسباً أن يضمها من الطرفين
بان يهد وجهها الرقيق على قارة كبيرة ثابتة يقال لها الرندج الكبير
ولا يتوقف هذا العمل الاعلى بمجرد النظر فلذا كان يشأ عنه عدم الانتظام
الذى يضرب بصناعة البراميل

ويجب علينا ان نهتم بامتثال طرق هندسية لتجعل للدفوف شكلا كاملا
الانتظام فلنفرض ان كل دف ينثنى بين ثلاث نقط ثابتة كنقط **ا** **و** **ب**
ث او اكثر (شكل ٢٠) وان **و** عبارة عن محور برميل دفة **ا ب ث**
فيتحصل معنافة سلاحها موضوع في المستوى الجانبي بمعنى انه يمر بمحور
و ولنفرض ان هذا السلاح تارة يمكن تدويره حول المحور المذكور وتارة
يمكن سيره ورجوعه في مستوى دائرة نصف النهار فاذا قربت القارة
على وجه لائق من دف **ا ب ث** فانتانصع الوجه الصغير والامن اعلاه على
حسب الشكل المطابق لصورة البرميل الجانبية وثانيا بقلب هذا الدف
اي جعل اعلاه اسفله

فاذا صنعت الدفوف بهذه الطريقة كانت صالحة لصناعة سطح دوران مع غاية
الصبط

وقد اسسوا بمقتضى هذه الطريقة فبريقة عظيمة في مدينة غلاسكوينة
بيلا د آيتوبيا لصناعة البراميل ولا وجود لها الآن وفي فرنسا ايضا
مبريقة ينظمها نبحث في هذه الصناعة

فاذا اجتمعت سائر الدفوف نشرنا اطرافها بشرط أن يكون سطح القطع
عوديا على المحور ثم نحفر الحزم المسمى مدخلا بقارة مشابهة للجنكار وهي آلة
من آلات النجارة لها ضلع مسطح يوضع على المحيط المرسوم باطراف الدفوف
بخلاف سلاح القارة الرقيق البارز فانه يكون على قضيب قائم على
بعد كاف من اسفل الضلع المسطح لاجل حفر المدخل ثم تقطع القصاعات على

حسب دائرة نصف قطرها يساوي نصف قطر المدخل ومتى تم ذلك ينسب
المدخول من جهة اطرافها حتى يمكن ادخال القاعات في المدخل ثم يرتق البرميل
بان نضع دوائر محددة متخذة من الخشب والحديد عوضا عن الدوائر الوقتية
المستعملة لصناعة البرميل المذكور

والبراميل هي اعظم ما يتخذ من الخشب في صيانة المائعات بحيث لا يفقد
منها شيء وهذا انما يكون في صورة جودة الخشب واتقان صناعة البراميل
ومن اجله تنظيم وسق السفن ان يكون فيها مقدار عظيم من البتاني التي تشغل

عدة طبقات مثل $\overline{أ ب}$ و $\overline{ث د}$ و $\overline{هـ ف}$ كما في (شكل ٢١)
وتسمى بالصف الاول والثاني والثالث من طبقات التنظيم ومن الضروري
ان نعرف قبل ذلك ارتفاع هذه الطبقات المذكورة لنعلم المسافة التي تشغلها
براميل الزيت والماء والعرق وما اشبه ذلك من باطن السفينة المسمى خنا
وكذلك المسافة التي تبقى لجل المواد الاخر التي يتم بها وسق السفينة

(وما ينبغي ان يتبين عليه ان البتاني المشار اليها بتلك الحروف هي $\overline{م}$ و $\overline{د}$
و $\overline{ح}$ المفروض تساويها متلاصقة فاذا تكون مراكزها الثلاثة متباعدة
عن بعضها بمقدار يساوي القطر الاكبر من كل واحدة منها فاذا مددنا في مثلث
 $\overline{م د ح}$ من رأس $\overline{د}$ خطا مستقيما كخط $\overline{د هـ}$ عودا على $\overline{م ح}$
وفرضنا ان $\overline{م هـ} = \overline{ح هـ} = ١$ فيخرج ان $\overline{م د} = ٢$ ثم انه
يمتضي خاصية مربع وتر الزاوية القائمة فيخرج ان $\overline{د هـ} = \overline{م د} = ٢$
- $\overline{م هـ} = ٢ = ٤ - ١ = ٣$

ويؤخذ من ذلك ان خط $\overline{د هـ}$ يساوي تقريبا ٧٣ و ١ الا ان
مركزي $\overline{م}$ و $\overline{ح}$ يكونان على بعد واحد من الارض مساو لنصف قطر
البتاني $= ١$ فاذا يكون مقدار ارتفاع مركز $\overline{د}$ فوق الارض ٧٣
و ٢ واذا كانت بنية $\overline{د}$ موضوعة وضعها كما على بنية $\overline{ح}$ كان ارتفاع
مركز $\overline{د}$ فوق الارض مساويا لنصف القطر ثلاث مرات فاذا يتوفر من
تغش كل صف من البراميل ٢٧ جزءا من مائة من نصف القطر تقريبا

ومع ان ترتيب (شكل ٢١) يوفر ٢٧ جزءاً من مائة من نصف قطر
البتاني يضع من الانسان مسافة كبيرة ويمنع هذا الضرر باستعمال
صناديق من الحديد على صورة شكل مكعب توضع فيها مياه السفن وتحفظها
حفظاً جيداً

وقد يصنع في الترمانات البرية والبحرية بواسطة الكلال ودانة الابوس واليب
وغيرها من الدانات المجوفة التي قطرها واحد وعبارها واحد كيان منتظمة
بمتوابع اقضية كما في (شكل ٢٢) ويكون شكل قاعدة هذه الكيان في العادة
مستطيلاً وتكون صورتها على شكل منشور مثلثي واوجهها متماثلة الوضع
(ولاجل معرفة عدد الكلال التي يحتوي عليها كوم يكون على شكل منشور
ناقص منتظم الكوم (شكل ٢٢) نحسب اولاً مقدار الكلال التي في احد
اوجه مثلث \overline{AB} فاذا عددنا مثلاً ما في صف \overline{R} من الكلال وجدناه
يلغ هذا العدد وهو

$$(1 + 2 + 3 + \dots + R)$$

فتضرب ثلث هذا العدد في مجموع الكلال التي في الصفوف الطرفية وهي

$$\overline{11} + \overline{B} + \overline{C} + \overline{D} + \dots + \overline{R}$$

وهو \overline{AB} ث \overline{AR}

ولكن \overline{C} مثلاً عبارة عن عدد كلال صف $\overline{11}$ فيكون كل من صفي

$$\overline{B} + \overline{C} + \overline{D} + \dots + \overline{R}$$

$$\overline{11} \text{ صف } \overline{11} \text{ عليها فيقتديكون } \overline{11} + \overline{B} + \overline{C} + \overline{D} + \dots + \overline{R} = \overline{13}$$

$$+ \overline{2} - \overline{R}$$

فاذن يكون مقدار مجموع كل الكوم $! (1 + 2 + 3 + \dots + R)$

$$\times (\overline{13} + \overline{2} - \overline{R}) \text{ ومعرفة هذا الحاصل سهلة}$$

فاذا لم يكن في صف $\overline{11}$ الا كلة واحدة فان المنشور يصير هرماً مربعياً

عدد كلاله

$$\frac{!}{2} (1 + 2 + 3 + \dots + R) (\overline{13} + \overline{2} - \overline{R})$$

او $\frac{1}{4} (1 + 2 + 3 + \dots + r)$ واذا كان
 الكوم مثلثيا فان $11 = 1 + 2 + 3 + \dots + r$ و $11 = 1 + 2 + 3 + \dots + r$ فاذن
 ينتج ان $11 = 1 + 2 + 3 + \dots + r$ و $11 = 1 + 2 + 3 + \dots + r$
 فاذن يكون عدد كل الكوم المثلثي الذي صفوف كاله r
 $(1 + 2 + 3 + \dots + r) \times \frac{1}{4} (1 + 2 + 3 + \dots + r)$

(الدرس الثاني عشر)

(في بيان السطوح الخازنية)

ينبغي لنا قبل الشروع في بيان خواص السطوح الخازنية وتطبيقاتها على
 الفنون ان نختبر المختصات التي يكون بها تركيب هذه السطوح
 وذلك بان نرسم مستطيل $وش$ ك $ا$ (شكل ١) ونقسمه الى قطع متساوية
 العرض بواسطة خطوط مستقيمة متوازية مثل $ار$ و $بش$
 و $ثد$ الخ ونمتد خطوط $اا$ و $بب$ و $ثث$ و $دد$ الخ الى المائلة
 وعلما بما اقتصر تلك الخطوط بالضرورة موازية لبعضها حيث انها تقطع
 متوازيات اخرى مثل $اب = ار$ و $بش = رش$
 و $ثد = تد$ وغير ذلك الى اجزاء متساوية

ولنفرض الان ان المستطيل المذكور ينثنى حتى يصير على صورة شكل
 اسطوانى يكون احدا ضلعه $وش$ وتغلق الاسطوانة بالكلية بحيث
 ينطبق ضلع $اك$ على $وش$ انطباقا تاما فتقع حينئذ نقطة $ا$
 على نقطة $و$ و $ر$ على $ا$ و $ث$ على $ب$ و $د$ على $ث$ وهم
 جوا حيث كانت الاضلاع موازية لتضلى $وش$ و $اك$ كانت معينة
 على مستطيل $وش$ ك $ا$ بخطوط $ح$ و $رض$ و $طع$
 الخ المستقيمة الموازية لتضلى $وس$ و $اك$ الان هذه الخطوط المستقيمة
 المتوازية تقطع على المستطيل مائلات $اا$ و $بب$ و $ثث$
 و $دد$ الخ في زوايا متساوية حيث ان هذه المائلات متوازية وبالجمله
 فاذا طبقنا المستطيل على الاسطوانة (شكل ٣) كانت كل زاوية من

الزوايا المتألفة من مائلات ١١ و ب - و ث ش الخ (شكل ١)
ومن اضلاع ح خ و ر ض و ط ع الخ لا تتغير
فحينئذ اذا انضمت مائلات ١١ و ب - و الى الاسطوانة في ققط
أ و - و ب و ث و ش و د الخ (شكل ١) حدث عنها
منحن يتكوّن منه مع اضلاع الاسطوانة زاوية واحدة في جميع جهاته
وهذا المنحنى المفرد هو الذى يطلق عليه اسم الخط البريمى او الحلزوى
الاسطوانى

واذا اتنى المستطيل بحيث يحدث عنه اسطوانة فاعدها دائرة تحصل الخط
البريمى المستعمل كثيرا فى الفنون

ولنفرض ان نقطتين يسيران فى زمن واحد من نقطة ش احدهما على
ضلع ش ك من المستطيل (شكل ١) والاخرى على مائل
ش ك ونفرض ايضا ان هاتين النقطتين يمران فى زمن واحد بنقط ح خ
اولا وبخط ر ض ثانيا وبخط ط ع ثالثا وهكذا فيحصل
لنا بمقتضى خاصية الخطوط المناسبة هذا التناسب وهو

ش خ : خ غ :: ش ص : ض ضه :: ش ع
: ع ع وهكذا

فاذن تبعد النقطة التى تتبع اتجاه مائل ش ثه من قاعدة ش ك
بكميات خ غ و ض ضه و ع ع الخ مناسبة للبعد بين ضلع
و س و اضلاع ح خ و ر ض و ط ع الخ

وبناء على ذلك اذا ادركنا حول الاسطوانة احد اضلاعها كضلع ش و
وكان هنالك نقطة سائرة على طول هذا الضلع بحيث تكون المسافات المقطوعة
بالنقطة والضلع المذ كورين متناسبة فان النقطة المذ كورة ترسم خطا بريما
او حلزونيا كالخط المرسوم فى (شكل ٣) فحينئذ يكون الشكل الحلزوى
حادا من النقطة التى عند دورانها حول المحور تسير فى الجهة الموازية لذلك
المحور بالنسبة للكمية التى تدورها حول المحور المذ كور

وبناء على ذلك يمكن للخراط ان يرسم شكلا حلزونيا على اسطوانة بواسطة آلة قاطعة تسير بالتوازي للمحور وبالنسبة للكمية التي تدورها الاسطوانة حول المحور المذ كور وببناء عليه ايضا ينبغي في كل دور من الاسطوانة لاجل رسم الشكل الحلزوني ان تكون آلة الخراط سائرة على طول واحد وهذا الطول المتساوي من جميع جهاته هو المسمى بخطوة الخط البريمي او الحلزوني فاذن تكون مسافة الادوار المختلفة للخط البريمي او الحلزوني المقيسة على كل ضلع ملازمة لحالة واحدة وهي الخطوة الحلزونية

ولنفرض (شكل ٢) انه بواسطة الطبع اذ غيره نستخرج صورة من (شكل ١) بمعنى اننا نضع شكلا ثانيا مما نلنا الاول ونثنيه على اسطوانة (شكل ٤) المساوية لاسطوانة (شكل ٣) فنجث شكل حلزوني متجه انجها ما مضاد لاتجاه الشكل الحلزوني المتقدم في (شكل ٣)

وحلزون (شكل ٣) هو الدائر جهة اليمين وحلزون (شكل ٤) هو الدائر جهة الشمال ومتى كانت الاسطوانتان المتقدمتان متساويتين كما في شكلي ٣ و ٤ وكانت خطوة البريمة ملازمة لحالة واحدة فان الحلزون الدائر جهة اليمين يكون مماثلا للحلزون الدائر جهة الشمال

* (بيان شكل البريمة الحلزوني) *

وعوضا عن ان ندير نقطة واحدة حول المحور يمكن ان ندير حول هذا المحور اي شكل مستو كمثل (شكل ٥) او مربع (شكل ٦) فعلى ذلك نرسم سطوحا يمكن ان تكون مجوفة او محدبة على اسطوانات يمكن ايضا ان تكون مجوفة او محدبة ويطلق اسم البرمات على المجوفات او المحدبات الحلزونية الشكل المتكونة من دوران مثل او مربع حول الاسطوانة سواء كان ذلك المثلث او المربع مجوفا او محدبا وهذا المثلث او المربع يسير على طول الخط البريمي مع ملازمته لصورة مولده في وضع واحد بالنسبة لآلة الخط البريمي ولا اتجاه محورا الاسطوانة

ويطلق اسم البريمة على اسطوانة **ا ب ث د** (شكل ٦ و ٥) التي تحتوى

على البرمة فوق سطحها المخدب ويطلق ايضا اسم بيت البرمة على الاسطوانة
المجوفة التي لها برمة حلزونية الشكل محفورة في سطحها المجوف
فاذا كان هنالك اسطوانتان قطرهما واحد وكان الخزون المتقدم مرصوما
على محيطهما ورسمنا فيه بعد ذلك مولد البرمة فانه من حيث كون احدهما
محدبة والاخرى مجوفة يحدث من ذلك برمة ويتهما ويكونان متحدين في البرمة
والخطوة فاذن نقول انه يمكن ادخال البرمة في بيتها بان نجعلها تسير وتدور
في ان واحد بدون ان تترك شيئا من الفراغ بينها وبين بيتها بدون ان ينقص من
حجمها شي في سائر الجهات

واذا فرضنا اتساعا بادخال طرف البرمة المخدبة من البرمة في طرف البرمة
المجوفة من بيت البرمة فان اسطوانتي البرمة ويتهما يكونان منتظمين بحيث
يكون محوراها على خط مستقيم واحد فاذا تقرر هذا فان احدي
الاسطوانتين متى كانت ثابتة فان الاخرى تدور بحيث تسير كل نقطة من برمتها
بالتوازي للمحور وبالنسبة للكمية التي تدور بمقدارها وعلى حسب النسبة
المعينة بانحناء الخط السري المستعمل مولد البرمات فبذلك ترسم الصورة
الجانبية من سطح البرمات المخدبة سطح البرمة المجوفة فاذن تكون البرمة المخدبة
بتمامها في المجوفة من غير ان يكون بينهما فراغ وهذا هو حركة البرمة في بيتها
وقد صنعوا بطريقة هندسية مع الاقسام البرمات المثلثية والمربعة ايتيسر
لتلاميذ ان يقفوا على حقيقة مساقط (شكلي ٥ و ٦) وهذا هو اعظم
ما يترفع به في العمليات الهندسية

وكما انه يوجد نوعان من الخزونات احدهما يدور جهة اليمين والاخر جهة
الشمال يوجد ايضا نوعان من البرمة ويتهما احدهما يدور جهة اليمين والاخر
جهة الشمال ومن المعلوم انه لا يمكن ادخال البرمة الدائرة جهة اليمين في بيت
البرمة الدائرة جهة الشمال وان البرمة الدائرة جهة الشمال لا يمكن
ادخالها في بيت البرمة الدائرة جهة اليمين

والبرمات استعمال في الفنون غير منقطع فانهما تارة تستعمل لتحويل حركة

مستقيمة الى حركة مستديرة وتارة تستعمل اعكس ذلك كما ستعرف عند الكلام
على الآلات في المجلد الثاني من هذا الكتاب

ولتنبه كما في (شكل ١) على ان خطوة $\overline{وا} = \overline{اب}$ الخ من البريمة
يمكن ان تكون صغيرة جدا بالنسبة لطول $\overline{ش}$ ك من محيط الاسطوانة
وعلى ان مثلث $\overline{ش ك ش}$ يحدث مقياسا مركباً من اجزاء $\overline{خ غ}$

و $\overline{ض ضه}$ و $\overline{غ غ}$ الخ التي نسبتها لبعضها $١ : ٢ : ٣$
وهلم جرا وهو سلم مشابه للسلم الذي تقدم ذكره في الدرس الخامس (شكل ٥)

فاذا كان محيط القاعدة دالاً على اجزاء $\overline{ش خ}$ و $\overline{خ ض}$
و $\overline{ض ع}$ الخ المتساوية لزم ان يكون الخطأ البين في هذه الاطوال قليلاً
بالنسبة لارتفاعات $\overline{خ غ}$ و $\overline{ض ضه}$ و $\overline{ع ع}$ وهلم جرا
(بيان اجراء العملية) *

قد اكتسبت الصناعة في الخاصة الهندسية المتقدمة مبلغاً عظيماً بالنظر
لتقسيم الخطوط المستقيمة الى اجزاء متساوية تقسماً صحيحاً بواسطة البريمة

ولنقسم قاعدة $\overline{اب}$ (شكل ٧) الى اجزاء متساوية قسمة صحيحة
ونفرض ان خطوة بريمة $\overline{م ن}$ التي محورها مواز لخط $\overline{اب}$ يكون

مقداره عشر محيط الاسطوانة المفصل عليها البريمة المذكورة وان مقدار
نصف قطرها هذه القاعدة يبلغ عشر نصف قطر مسطح $\overline{ح خ}$ المستدير

المنقسم محيطه الى عدة اجزاء متساوية ونفرض ايضا ان الخطأ الناشئ عن
تقاسيم مسطح $\overline{ح خ}$ يبلغ جزءاً من الف من مترو هذا الايتاني في العمليات

المضبوطة فيكون محيط مسطح $\overline{ح خ}$ اكبر من خطوة البريمة مائة مرة

وكل دور من ادوار $\overline{ح خ}$ لا يمكن ان يقدم شاخص $\overline{ش ص}$
المجذوب بهذه البريمة ولا يؤخره الا بمقدار خطوة واحدة فاذن لا يكون الخطأ

الحاصل على المسافة التي يقطعها الشاخص الاجزاء من مائة من الخطأ
السابق في تقاسيم دائرة $\overline{ح خ}$ فاذا لم يتجاوز الخطأ الحاصل على $\overline{ح خ}$

جزءاً من الف من متر فلا يمكن ان يجاوز الخطأ الحاصل على $\overline{اب}$ جزءاً من

مائة من ملية راعى انه لا يجاوز طول اقل من الطول الذى يعرف مقداره بمزيد
الالتفات وامعان النظر

واذا اردنا دائرة $\overline{ح خ}$ بحيث يكون الدليل الثابت الذى هو $\overline{ز}$
مقابلا بالتوالي للتقسيم القريبة جدا من هذه الدائرة وهى ١ و ٢
و ٣ الخ فالتقسيم مستقيم $\overline{أ ب}$ الى اجزاء صغيرة جدا بحيث لا يدرك
ما بينها من الاختلاف فى التساوى وقد تكون الآلات المعدة لتفصيل البريمات
متناسبة على حسب النسب التى يلزم جعلها بين التقاسيم الطولية لخط $\overline{أ ب}$
وتقسيم دائرة $\overline{ح خ}$ و ينبغي ان نعين للتلامذة تلك الآلات بيانا
شافيا فتقول

تختلف البريمات كثيرا على حسب شكل البريمات فتارة يكون قطع البرمة
العمودية على الحزون المولدا مثلثا متساوى الاضلاع وتارة يكون مربعا وهذا
هو الذى يحدث عنه البريمات ذات البرمة المثلثية (شكل ٥) والبريمات
ذات البرمة المربعة (شكل ٦)

وتستعمل البريمات لتقريب القواعد والاسطوانات المتوازية من بعضها
اولا بعبادها بحيث لا يحصل تغير فى توازيمها ولتتصور الان بريمتين متساويتين
تكون كل واحدة منهما فى طرف اسطوانتين موضوعتين وضعا منتظما بحيث
اذا ادركنا البريمتين يجعلان محورى الاسطوانتين قريبين او بعيدين من
بعضهما فاذا ادركنا البريمتين بكمية واحدة فان الاسطوانتين يقربان او يبعدان
من بعضهما على حد سواء لكن المسافة المقطوعة بالدليل الثابت فى كل برمة
يمكن ان تكون اكبر من خطوة البرمة بمقدار ١٠٠ و ٢٠٠ و ٣٠٠
وحينئذ لا يحدث عن المسافة المقطوعة بالدليل لأجل ابعاد الاسطوانتين
او تقريريهما من بعضهما الا ١٠٠ او ٢٠٠ او ٣٠٠ وهو اقل من
الخطوة المذكورة ويعلم من ذلك تنظيم بعد الاسطوانتين مع غاية الضبط ولهذا
فى كثير من العمليات اهمية عظيمة تتعلق بالصناعة

ويمكن اجراء عمليات اخرى من هذا القبيل لقياس الاطوال اوجوبها مع غاية

الضبط الذي لا يمكن الوصول اليه بمجرد حاسة البصر ويظهر في هذا المعنى من صناعة آلات النظر وعلم الهندسة امثلة جمة ناشئة من استعمال برميات التجاذب

فاذا كان المطلوب جعل آلة لها ثلاثة ارجل اربعة بحيث يكون سطحها مستويا فالتاثير يجعل تحت كل واحدة من هذه الارجل برمية تجاذب نديرها مع التدرج يميناً او شمالاً على حسب الاختصاص الآلة اوارتفاعها من جهة احدى هذه الارجل فبذلك تقرب الآلة من الوضع الحقيقي بدرجات دقيقة جدا ويهدأ التقف في المكان اللازم وقوفها فيه مع غاية الضبط وهناك البرميات تجاذب في الآلات ذات الانعكاس تستعمل لاجل وضع المرآة في وضعها الحقيقي وبرميات اخرى لتقريب بعض اجزاء من الآلات من بعضها والافصالها عنها وغير ذلك

وقد يرى في الامور الطبيعية عدة نباتات سارية على صورة شكل حلزوني ترتفع حول اسطوانة منتصبة كذراع شجرة كبيرة او صغيرة او حول وتد بسيط فتقسم شكلا حلزونيا وفي بعض الاحيان يتفرع عن النبات اغصان طويلة جدا متعلقة بنقط الارتباط المتفرعة هي عنها بواسطة الياف تنثنى على صورة شكل حلزوني وقد يكون في النباتات والاشجار عروق باطنية ملتفة ايضا على صورة شكل حلزوني وهناك عدة نباتات فروعها واوراقها وثمارها خارجة عن الفرع الذي يحملها على حسب اتجاه حلزوني

* (بيان اجراء العمليات) *

قد يستعمل في الفنون تلك الاشكال الحلزونية الموجودة في النبات اما لاجل ربط الاجسام او ادخالها في بعضها
فمن ذلك ان ارباب الجراحة اذا ارادوا لف عصابات على اعضاء صورتها تقرب من شكل الاسطوانة كالاصابع والسيقان والاذرعة فانهم يلفونها بعصابات يكون اتجاهها حلزونيا ليستروا بالتدريج مسافة من العضو اعرض مما تسترهما العصابة التي يسهل بعد ذلك امساكها باحدى رباط

وهمتكم تفصيلا على المخاريز والمناقب وبريمات فتح السدادات عند الكلام على الخواص الميكانيكية للبريمة والخاريزور في المجلد الثاني في مجت شرح الآلات

(بيان الأعمدة الملتفة)

يتراى لنا ان بعض جذوع الشجرة التي اذا التف حولها غصن من نبات القسوس التفافا حلزونيا يحدث عنه انضغاط بحيث لا يمكن تجسيم الجذع الا بين ادوار هذا الحلزون ويتشكل بشكل البريمة ذات البرمة المربعة وهذا هو ارنيك الأعمدة الملتفة (شكل ٨) وهي أعمدة غير ساذجية وليس لها متانة الأعمدة العادية وبسبب ذلك لا تعجب الاضعفاء العقول وانظر زينة جديرة بالقنون المستطرفة هي اكاليل الازهار التي تلتف التفافا حلزونيا حول أعمدة منتظمة او حول أبواب خفيفة تلبسها العذارى لاجل الزينة في المواسم والرقص ولترجع الى ما كنا بصدد من العمليات المفيدة فنقول

(بيان الامبيق الملتوى)

الامبيق هوالة (شكل ٩) مضاهية من حيث شكلها للبريمة فتح السدادات الا انها مجوفة وغير مصمتة وهي حادثة من حركة دائرية يجوب مركزها خطا برميا ويمكث مستويا عمودا عليه فاذا تصاعد السائل بالتقطير ومرت في الملتوى المنغمس في برميل مملوء بالماء فان البخار يتكاثف ويصل الى اسفل الملتوى ويستحيل الى مائع مبرد ثانيا وبهذا الوجه يتكاثف العرق وغيره من الارواح المتحصلة بالتقطير

وقد يصنع كل من صانع الحصر وصافر البرانيط المتخذة من الخوص اسطوانات (شكل ١٠) من الصفاير الضيقة المسطحة التي اذا اتحدت سلكها من جميع جهاتها دلت على رافات ١١ - ب - و - ب - ر - ث ونحو ذلك (شكل ١) واذا التف الرافات على صورة محيط الاسطوانة وخيطت بجانب بعضها ضلعا بضلعه فانه يحدث عنهما مع الاحكام سطح اسطوانى ويمكن

باستعمال مثل هذه الطريقة ان تصنع ايضا مستويا ومخروطا وكرة بان نشد قليلا احد طرفي الضفيرة او نضيق قليلا الطرف المقابل له وكما اضافت الضفيرة ولزم شد احد اضلاعها او تضيقه قرب السطح المصنوع من الصورة الدقيقة المطلوبة واستكمال صناعة البرابط الطريقة المتخذة من الخوص ييلاد فلورنسة منحصر في التسوية بين الضفائر في الاتساع ومتانة الضفيرة وقلة عرضها ودقة الخوص وحسن منظر النسج المنتظم ويستعمل كثير اصناعات الآلات اليابيات ذات الشكل الحزوني التي سنبين ما ينشأ عنها من الفوائد عند ذكر مرونة الاجسام ومن هذا القبيل

ياي العربات

وهناك اشخاص يلتفت شعرها الطبيعية على شكل حلزوني ومنهم من يجعل شعره خفائا ويقلقه على اسطوانة حادة صغيرة القطر او يطويه على صورة حلزون ويضعه في غلاف من الورق يسمى ملفا ويحصره بين مائة من الحديد محجمة فتزيل حرارتها الرطوبة التي تكون في الشعر وتساعد في ارتخائه وتجعله مستر سلا على صورة خط مستقيم ويحصل له بسبب الضغط الخفاء حلزوني يحفظ تجهيده زمنا طويلا على حسب طبيعته وحالة الجو

والغرض من فن تزيين الرأس وتحسينها المسمى عند العامة بالسبسة وكذلك فن التصوير في صورة ما اذا اريد جمع خصلة شعر على هيئة مستحسنة هو ضم الشعور وجعلها على صورنا شكل حلزونية ثم جعلها ضفائر او غدا ارتخا مع بعضها بحيث يحدث عنها مجموع يلائم ما هو مطلوب من الزينة ويلام ايضا هيئة الشخص الذي يتزين بهذه الكيفية ومن هذا القبيل اغلب زينات اليونان والرومان فان الاشكال الحلزونية موجودة عندهم في هذا المعنى على احسن وجه واتم نظام

وهانحن شارعون في ذكر نوع من الحلزونات اهم من اغلب ما ذكرناه من الامثلة وهو الخيوط والحبال فتقول قد يصنع لاجل النسج والحبال خيوط رفيعة او غليظة من التيل والكتان

ومن ليف بعض الاشجار ونحو ذلك ويستعمل لذلك ايضا الشعر النباتى اى القطن وكذلك الصوف وغيره من شعور الحيوانات ويلزم قبل صناعة الخيوط ان يجعل خيوط اول مادة متوازية بواسطة المسطاة والشينة وتقسيمها الى اجزاء رفيعة جدا ومتساوية بقدر الامكان فى الغلظ والطول

(بيان غزل النيل والكتان)

يستعمل فى هذا الغزل اولا المغزل وكيفية ذلك انه بمجرد الخيط يلف على المغزل ثم يشبك على السنارة التى فى رأس المغزل بطرف القتلة وتبرم الغزاة طرف المغزل باصبعها برمة قوية فتصل قوة البرم الى جزء الخيط الذى لم يلف على المغزل وهو جزء عمدة الغزاة بان تجذب بيدها اليسرى الخيوط المتوازية من الركة فتتشكل هذه الخيوط بشكل حلزوى

ولما كان المغزل ابداً جميع آلات الغزل اقاموا مقامه دولاباً بسيطاً (شكل ١١) فيحركه الغزال بيده او رجله فيعجز دقت الخيط يلتف على المغزل الذى هو فى الحقيقة مغزل ميكانيكى ويحصل البرم بنفس الدولاب وليس على الغزال الا جذب الخيوط المتنوعة من الركة ليجمعها منتظمة فى وضع يصلح لان يحدث عنه خيط متحد الغلظ من جميع جهاته وذلك ان الخيط يلف على الدولاب المذكور بواسطة اجنحة (شكل ١٢) ذات كلاليب وتكون هذه الاجنحة ثابتة على محور م د الذى يترن خلال المغزل او الاسطوانة المتخذة من الخشب مثل وضه وعليه يلتف الخيط ثم تسير الاسطوانة بحيث تكمل الدور فى اسرع مما تكمله الاجنحة بمعنى انها تستغرق زمناً اقل من الاجنحة ولهذا كان الخيط الذى يلتف على الاسطوانة مجذوباً بالاسطوانة المذكورة ويلتف عليها مع التدرج

ولاجل الوقوف على حقيقة ذلك نرض ان الاسطوانة تحدث خمسة ادوار كاملة وقت أن تحدث الاجنحة اربعة ادوار فاذا نلزم ان الخيط يلتف دوراً كاملاً حين تدور الاسطوانة خمسة ادوار والاجنحة اربعة وهذه الادوار المختلفة

تحدث عن الطارة الكبيرة لدولاب **و ا ب** (شكل ١١) فينقذ تكون
نسبة قطري طارقي **م د** و **ح غ** لبعضهما كنسبة **٤ : ٥**
وكل من حبل **ا م د ب** و **ا ح غ ب** المشدودين على حلق
الطارتين الصغيرتين والطاراة الكبيرة يقطع مسافة واحدة على حلق **ا ب**
بخلاف ما اذا دار الحلق فان دولاب **م د** يدور خمسة ادوار حين يدور
ح غ اربعة وهذه هي النسبة التي يلزمنا اثباتها وقد خلت قرون عديدة قبل
ان يخترع الناس هذه الآلة التي يوجد فيما ابتدعه المتأخرون ما يفوقها
ويعلو عليها

(بيان غزل الصوف والقطن)

كيفية ذلك ان يصنع اولاً بواسطة الكردات طرحات متسعة متحدة في العرض
والدقة ثم تمتد فيحدث عنها سلب على شكل الاشرطة الضيقة يستحيل
بواسطة برمة خفيفة الى اسحبة ثم تؤخذ هذه الاسحبة وتبرم باليد او بالآلة على
التدريج بجانب بعضها بحيث يلتف بعضها على بعض كلما دخلت
في الاسطوانة المسماة **شندرا** حتى تكون متساوية في البرم بمعنى اثنا برمها
برما يكون متحد في سائر جهاتها كحجوم الخيوط المبرومة وذلك ليكون الخيط
متساوي الغلاظ من سائر جهاته ويحدث عن كل خيط في هذه البرمة المستمرة
شكل حلزوني يسمى عند ارباب هذه الصناعة بالقانوس يكون محوره نفس
محور الشندرا الذي يرسمه الخيط في نزوله

واما الدولاب العادي المستعمل لغزل القطن فانه يتركب من طارة كبيرة
مثل **و ا ب** (شكل ١٢) ومن قضيب يعرف عندهم بالمردن له
بكرة صغيرة مثل **ث د** ومن طرف متواصل مثل **ا ب** **ث د** فيتلقى
هذا المردن الخيط كما يلتقاء المغزل ويمتد الخيط المذكوور على هيئة السحيب
في الجزء الذي لم يصل اليه البرم وتضغط الغزاة هذا السحيب على بعد مناسب
من المردن وتدريدها طارة **ا و ب** الكبيرة وهي قابضة بالآخرة على
السحيب وتمده ليبعد عن المردن فان حركة الدوران اذا وصلت من الدولاب

الى السحب بمرمه فيحدث عنه خيط تكون مباديه مخبئية على صورة شكل
حزوني ويتوقف برم هذه الحزونات على حالتين احدها مسرعة طارة أوب
السابعة والثانية البطي الذي يمتد به سلب الكاردة ومتى صار جزء من السحب
خيطا غلظه وبرمه مناسبان فان الغزاة تعكس دوران الدولاب قليلا ليقل
الحزون المصنوع من الخيط على طرف المردن ثم تضع الخيط المذكور في اتجاه
عمودي على محور المغزل وتدبر الدولاب على عكس الحركة الاولى فيلتف
حينئذ الخيط على المغزل عوضا عن ان يبرم ويتكون عليه عدة حلزونات
فيتراى حينئذ ان العملية بالطريقة الميكانيكية هي عين العمليات التي تجري
على مغزل الغزاة البسيط

وقد اقيم مقام برم المغزل عملية ميكانيكية وهي ابداع مظهر من الآلات
الجديدة الصالحة للغزل وكيفيتها ان توضع الطرحات الخفيفة بعد خروجها
من الكاردات بين زوجين من الشلندرات المتوازية المرتبة على وجه بحيث
يدور الزوج الاول منها اقل من الزوج الثاني والثاني اقل من الثالث
وهكذا فان تمتد الطرحات بين الازواج الثلاثة من الشلندرات ثم تقبض
وتتكمش وحينئذ تجلج من الشلندرات مركبة كالأولى من ثلاثة أزواج

شلندرية يبرم ثانيا السلب المتخذ من القطن والصوف ثم يلف على المغزل
فاذا تم ذلك نضع جلجة من المغازل على محاور قائمة منتظمة الترتيب على
دولاب يقوم بجميع وظائف الغزاة لما انه يسحب الخيط ويبرمه ويلفه على
المغزل ويتحصل السحب المذكور هنا من ثلاثة أزواج من الشلندرات مختلفة
السرعة فن ثم يلف الخيط على مغزل ذي جناح كالدولاب العادي وهذا
ما يسمى بالدولاب المتواصل لان الغزل يحصل عليه بحركة واحدة
مستمرة

واما الدولاب المسمى ميل يونيه الذي على هيئة النول الذي تقدم ذكره
في الدرس الثاني فان السحب فيه ليس مقصورا على مجرد سرعة الجلج بل يكون
ايضا على حسب تقريب المغازل التي يلف عليها الخيط وابعادها على

التعاقب من الشلندرات فاذا تابعدت المغازل عنها كانت الخيوط مسحوبة
بجلاف ما اذا قربت فانها تلتف عليها ويحصل برهما حتى بلغت المغازل نهاية
سيرها

ولادولاب الغزل الغليظ من المغازل ١٠٨ بجلاف دولاب الغزل الرفيع
فان له ٢١٦ مغز لا يديرها علم الدولاب ويكون بمعينه مساعدان من
الوصالين لاجل ملاحظتها

فعلى هذا يكفي ثلاثة اشخاص لعمل عدة خيوط كانت قبل ذلك تستدعي
٢١٦ غزاة تغزل بالمغزل او الدولاب ويتحصل كل خيط في اقل مما كان
يستغرقه البرم باصابع الغزاة فهذه هي الفائدة العظيمة الناشئة عن عمليات
الهندسة في صناعة جلة خيوط اسطوانية متعددة القطر اتحادا تاما من
الالياف النباتية التي على شكل الحززون

ويعلم التلامذة هذه العمليات اما باطلاعهم على الدواليب العادية او على
دواليب الغزل التي على هيئة الانوال اذا امكن ذلك

ثم ان الحرير عند تولده من الودودة يكون متفيا بصورة حززون على سطح دوران
يسمى بجوز القز واول عملية فيه يكون الغرض منها امتداد خيوط جوز القز
المذكور ويطيه على مكبة ثم يبرم يسيرا عند طيه على المكبة الثانية فاذا تم عمل
الخيوط بهذه الطريقة فانها تبرم من جهتها الاولى بحيث ان جميع النقط التي
كانت قبل البرم على هيئة خط مستقيم فوق سطحها الاسطوانى تصير على
صورة شكل حلزوى ثم تجمع هذه الخيوط مشى وثلاث ورباع مع برهما ثانيا
على عكس البردة الاولى وهذه البرمة الثانية يفصل جزء من الاولى وتثنى
الخيوط على صورة شكل حلزوى بجوار بعضها ويسمى الحرير في هذه الحالة
باسم الحرير المبروم

ثم ان العملية التي ذكرناها اقل تشبه العملية التي ينبغي اجراؤها في صناعة
الحبال المتخذة من التيل

فبواسطة برمين مختلفين تشتد اجزاء كل خيط في جهة حتى ان الخيوط المنثنية

على شكل حلزوني تشد في جهة مخالفة للاولى وينتج عن التعادل الحاصل بين البرمين المذكورين ان الخيوط بانواعها لا تتحل كثيرا عند الضغط عليها بقوة اخرى عارضة ولا يمكن أن أبسط الكلام هنا في هذا الشأن لتعلقه بالعلوم الميكانيكية وخروجه عن الاصول الهندسية

ويصنع من التيل حبال رقيقة يقال لها فلاصة يبرم كل منها على حدة في جهة واحدة ثم يبرم عدة منها معا في الجهة المقابلة للاولى ليتكون منها حبال بسيطة تسمى بتوتاو وبعد ذلك يبرم منها اثنان او ثلاثة او اربعة في الجهة المتعابلة للثانية اعني في نفس جهة برم الحبال الاول الرقيقة ليتكون منها ما يسمى بالكردونة ثم يبرم هذه الكرذونات في الجهة الثانية ثلاث او رباع ليصنع منها ما يسمى بالغومنة ثم يبرم هذه الغومينات ثلاث او رباع ايضا ليصنع منها ما يسمى بالغومينات الكبيرة

وتبرم قلوب العلابين وتصنع من الغومينات وكذلك الرواجع وحبال المنورات الجارية في السفن فانها تصنع من حبال الكرذونة

وقد ابتدع الانكليز طرقا دقيقة لطيفة في اجراء عملية قتل الخيط والحبال بواسطة آلات ودواليب وقد نتج عن الانتظام الهندسي الحاصل في حركات هذه الآلات ثمرات عظيمة فان هذه العملية المستكملة يكفي فيها التحصيل القوة الاولى ثلث المواد التي كانت تلزم لغيرها من العمليات السابقة بل واقل من الثلث وهذا على حسب غلظ الحبال ونوعها وما ذكرناه كاف في بيان ما ترتب على تبديل العمليات التي كانت بمحض اليد وكانت ثمرتها انما تحصل بالصدفة والاتفاق بطرق علمية من الفوائد المحققة الجسيمة والثمرات العظيمة

وعلى ارباب معاسل الحبال ان يبدؤوا بجهدهم في مطالعة كتب علمية تتعلق بهذه الطرق الجديدة التي من قواؤها تقليل المصاريف والعمل وحصول ثمرات اتم وانجح مما كان سابقا من سائر الوجوه (راجع المجلد الثاني عند ذكر الآلات

وهذا اوان الكلام على انواع السطوح المعوجة المستعملة كثيرا في العمارات

المدنية والبحرية وكذلك في تركيب الآلات ولا تعرض من ذلك الا لبيان
السطوح الخلزونية المتولدة من حركة خط مستقيم او قوس اى دائرة
كانت

(بيان السطوح الخلزونية المستعملة في السلام)

من السطوح المختلفة المعوجة التي سبق ايضا حها في الدرس العاشر
السطوح التي تكون على صورتها السلام المنعطفة الدائرة وهي السطوح
الخلزونية

فقد يكون السطح الخلزوني من السلم الذي دورته مستديرة متكونا من حركة خط
مستقيم افقي مستندا احد طرفيه على محور الدائرة المستعمل حنية للسلم
والطرف الاخر منه مستند على حلزون مرسوم على حسب المحيط الداخلي
من الدائرة

فاذا كان ارتفاع درج السلم واحدا كان عرضها بالضرورة واحدا متساويا
البعد من المركز فعلى ذلك اذا كان أ ب ث (شكل ١٤) هو الدائرة
الدالة على قاعدة الاسطوانة التي هي حنية السلم فان كل دائرة مرسومة من
مركز واحد كالأولى تقسم الى اجزاء متساوية بالمسقط الافقي لدرج السلام

(بيان السطح الخلزوني لبريمة المهندس ارشيدس)

سطح السلم الخلزوني الذي على هيئة دورة مستديرة هو عين بريمة ارشيدس
وانما سميت بذلك لان هذا المهندس الماهر هو الذي اخترعها وسببها مع
مزيد الاعتناء العملية التي اجريت في شأن هذه البريمة لرفع المياه عند ذكر آلات
رفع المياه (راجع الجلد الثالث)

وقد انتهزت الفرصة في صناعة بريجات ارشيدس من الخشب وهما هي
الطرق التي استعملتها في ذلك

وحاصلها اني قسمت اولا محيط أ ب ث (شكل ١٩) الى عدة اجزاء
متساوية بقدر قطع الخشب التي اذنت استعمالها في صناعة دور كامل من
الشكل الخلزوني

ثم قطعت مناشير مربعة قاعدتها و د ث وهي قطاع اند آثرة الدان على احد
الاجزاء المتساوية المصنوعة بالطريقة السابقة على الوجه الاسطواني الذي
مسطحه الاثني د ث ومددت خطا مستقيما ثلا في اتجاه الخط البريمي
الذي يرسمه السطح الخزوني على اسطوانة ا ب ث د

وقسمت نصفي القطر اللذين هما و د و و ث الى اجزاء متساوية
وهي د ز و ز د الخ و ث ش و ش الخ نشرت بمنشار ثابت
دأ ثما على بعد واحد من تقاطع ث و د قطعة الخشب المربعة بحيث
ان خط المنشار ينتهي الى نقطة د على القاعدة العليا من القطعة المذكورة
مضى انتهى ذلك الخط الى نقطة ث على القاعدة السفلى وان الخط المذكور
ينتهي ايضا الى د و ز على القاعدة العليا مضى انتهى هذا الخط الى
نقطة ث و ش على القاعدة السفلى فيكون كل من خطي المنشار ضلعا
للمضلع الذي هو محيط المنحنى الخزوني المرسوم على السطح الخزوني المطلوب
تحصيله

وازالت على التوالي الاخشاب الزائدة بضارة رقيقة جدا لاجلها مستدير
وثابتة دأ ثما على وضع اثني ولا تقف الاعلى من المنشار المذكور في ث د
وعلى الخط القائم في نقطة و لتصل الى السطح الخزوني الاعلى من بريمة
المهندس ارشميدس

وبعد ذلك وضعت في جميع الجهات اوجه الالتحام على وجه عمودي
في و د و و ث مع الوجه الاعلا ثم مددت على اوجه الالتحام
وعلى محيط ث د خطوطا مستقيمة متساوية من اسفل الخطوط التي تحدد
الوجه الاعلى من البريمة الى اعلاها وبذلك امكنني عمل الوجه الاسفل
بواسطة الطرق التي استعملتها في عمل الوجه الاعلا

ولننبه هنا على ان المسطرة المثنية بلا قوة على محيط ا ب ث الاسطواني
بحيث تمر بنقطتي ث و د ترسم بواسطة محيطها قوسا كاملا من الخط

الحزوني او من البريمي وذلك هو الواسطة في ضبط الطريقة التقرينية التي سبق ذكرها ضبطا تاما ولا بد في ذلك من ان تنشر بالمشارك كثير من الخطوط الاقضية التي تنتهي من جهة عند محور $\overline{و}$ ومن اخرى عند الخط البريمي المرسوم بالمسطرة المثنية

وينبغي لنا التنبيه على ان الالتحامات المصنوعة على وجه عودي مع السطح الحزوني هي في حد ذاتها مبادى السطح الحزوني وعلى ان السطوح الاخيرة ترسم على الاسطوانة ذات القاعدة المستديرة خطوطا بريمية تقطع الخطوط البريمية التي رسمتها السطوح الاولى الى زاوية واحدة

واذا اريد ان اعلى القطع التي يتركب منها القلبة الحزونية يكون له شكل كشكل السلم لزم ان يبقى الوجه الاعلا وهو $\overline{و ش د}$ على شكله المستوي الافقي والوجه المستقيم الخارجى وهو $\overline{و د}$ على شكله المستوي القائم وهذا اذا اقتصرنا على عمل سطوح الالتحام و سطح السلم الداخلى بالطرق التي ذكرناها (راجع الدرس العاشر)

وفي الغالب عوضا عن ان نصنع سلمنا مطلقا نرادرجاته نصل الى حنية $\overline{و}$ المصمتة (شكل ١٤) فنحدد درجاته في دائرة $\overline{ا س ت}$ (شكل ١٥) التي تدل في صورة ما اذا كانت اقضية على حدود من الخشب او الحجر بارزة من اعلا واسفل كل درجة وهي السلال المتخذة من البريمات المثيرة ويستحسن من هذا النوع عدة سلال مصنوعة مع غاية الضبط في القهاوى الطريقة الموجودة بمدينة باريس وتلك السلال التي لا مستد لها في الظاهر تدهش عقل الناظر بما هي عليه من الثبات والخفة

وهناك سلال منيرة كافي شكل ١٦ ليست مستديرة الحنيات واياها كانت قاعدة $\overline{ا ب ش د}$ (سيأتى ما يفيد ان هذا الحرف الموضوع تحت الدال يدل على ان هذه القاعدة اقضية) من الاسطوانة التي هي حنية السلال نرسم دائما على محيط هذه الحنية خطا بريميا وحزونيا يتقدم جهة

محيط أ ب ش د قدما يناسب التكيفية التي يرتفع بها ذلك الخط
على وجه قائم ثم قد من ك كل نقطة من هذا المخني خطوطا افقية كخط
أ ب - و ش الخ وعودية على الاسطوانة التي قاعدتها
أ ب ش د ثم نجعل أ مساويا ب - ومساويا ش

وهلم جرا ونرسم أ - ش د الذي هو خط حلزوني ايضا وهو المحيط
الداخلي للبريمة المنيرة الحادثة عن السلم ولا تزيد الصعوبة في صناعة كل جزء
من السطح الحلزوني او السلم عما في (شكل ١٥ و ١٤)

واذا اريد ان نجعل للسلم صلابة متينة فانه في الغالب عوضا عن ان نرسم السطح
الاسفل بواسطة خط مستقيم افقي مستند على محور خنية السلم وعلى شكل
حلزوني مرسوم على طول الخنية ومتكفي عليهما معا فنحدد هذا السطح
في الغالب بقوس دائرة كما في شكل ١٧ قطرها الخط الافقي المذكور
الموضوع في مستوق قائم فيحدث عن هذه التكيفية سطح حلزوني ثابت
القطع من جميع جهاته

وفي بعض الفنون يلزم ان تفصل سطوحا حلزونية الشكل بدرجة على مخروط
فالساعاتية يضيفون الى الاسطوانة او الملف الذي يحتوي على زنبك
الساعات مخروطا مفصلا بهذا الوجه على شكل سلم حلزوني كما في شكل ١٨
ويلقون سلسلة رفيعة مصنوعة صناعة جيدة من احد طرفيها على
الاسطوانة بحيث تكون على خط بريعي ومن الطرف الاخر على السلم المخروطي
فتعادل النسبة المختلفة التي بين قطر الاسطوانة وقطر المخروط في ارتفاعات
مختلفة تقصا قوة الزنبك عند حله وبناء على ذلك يقتل تأثيره بقوة لا تتغير
وسيا في ذلك مزيد توضيح عند الكلام على قواعد الآلات راجع الجلد الثاني
من هذا الكتاب

(الدرس الثالث عشر)

* (في بيان تقاطع السطوح) *

اذا تقاطع سطحان فان جملة اتحاماتهما المشتركة بينهما تسمى تقاطع السطحين
وهو اما خط مستقيم او منحن على حسب شكل السطحين او وضعهما
ثم ان الاجسام التي تعينها اجزاء السطوح المتناسبة في شكلها واتجاهها
تحدث في حدود هذه السطوح خطوطا بارزة او داخلية وهي تقاطع
السطوح المذكورة فلذا كانت الاضلاع القائمة من المنشور والهرم التي
تتصل الواجه المختلفة فيهما هي تقاطع السطوح الحادثة من الواجهة
المذكورة

واما اذا قطع جسم جسم آخر او كان مغروسا فيه فان جزء سطح الجسم الاول
يكون داخلا في الثاني ويكون ذلك الجزء الداخل منفصلا عن الجزء البارز
بخط وهذا الخط ليس الا تقاطع سطح الجسم الاول والثاني

مثلا (شكل ١) قد يكون المنشور أ ب ج د ا ر ش
و م ن ح خ و م د ح غ اللذين يقطع احدهما الآخر خط تقاطع
وهو محيط م د ح غ الذي يفصل الجزء البارز من الجزء الداخل في الجسم
الثاني

وفي الهندسة الوصفية من القواعد السهلة ما يكفي في تعيين المسقط الافقي
والمسقط القائم من تقاطع السطوح فينبغي للانسان ان يعتني بمطالعة تلك
القواعد حتى يكون له قدرة على رسم تقاطع جملة من السطوح ولتقتصر
في هذا الغرض على ايضاح زبد هذا العلم بمبتدئين بذكر تقاطع المستويات
فبقول

انه لاجل بيان تقاطع سطحي المسقط اللذين احدهما قائم والاخر افقي قسم
الورقة الى قسمين بخط أ ب الافقي (شكل ٢) فالقسم الذي يكون
في اعلاه هذا الخط يدل على المستوى القائم من المسقط والقسم الاسفل يدل على
المستوى الافقي منه وهذا المستوى الاخير يكون في العادة مستوى الارض
ومن ثم يسمى العامة تقاطع السطحين الذي هو أ ب بخط الارض

ولكي يصير الرسم تاما ينبغي ان تثنى الورقة ثنيا عموديا فيكون خط **أ ب**
 عبارة عن اتجاها الاثناء ويصير الجزء الاسفل من الورقة اقويا والجزء الاعلا قائما
 ولا اقل من ان يلاحظ الانسان ذلك ذهنا ويذكره يدها حين يرسم على
 المستويين المذكورين اجساما معلومة الوضع فن ترى تحت خط الارض
 مستوى العمارة وفوقه ارتفاعها مع ابوابها وشبابيكها وهلم جرا ومع كون
 الورقة المذكورة التي يرسم عليها المستوى والارتفاع المذكور موضوعة على
 طاولة اقفية فترض ان العمارة مرتفعة وانها قائمة وكذلك في صورة العكس
 وهي ان يكون رسم العمارة قائما بان يسمر على حائط فان المستوى يكون اقويا
 ايضا اذا كانت الاشياء المرسومة عليه روضة صغيرة او بستانا او نحو ذلك
 وينبغي ان يعاين التسامد حقيقة المسقط الافقي والقائم للعجوم والسطوح
 والخطوط البسيطة المرسومة فوق خط الارض او تحته ليرسموا ذلك على
 مقتضى ما عاينوه

ولاجل تعيين موضع اى نقطة توجد خارج مستوى المسقط نخذ من تلك
 النقطة خطين مستقيمين احدهما عمود على المستوى القائم والاخر عمود على
 المستوى الافقي ثم نعين وضع موقع هذين العمودين على مستويي المسقط
 واذا اردنا اختصار طريقة الرسم وسهولة ادراكها وفرضنا ان نقطة **ح**
 هي النقطة الموضوعة في الفراغ المراد رسمها فاننا نكني بنقطة **ح** (شكل ٢)
 عن مسقطها القائم بنقطة **ح** عن مسقطها الافقي واعلم ان هذين الحرفين
 وهما **و** و **ف** الموضوعين في اسفل حرف واحد او عدة حروف يدل
 احدهما وهو القاف على المسقط القائم والاخر وهو الفاء على المسقط
 الافقي للنقط والخطوط والسطوح والحجوم المرموز اليها عند الرسم بهذين
 الحرفين

ولنختر من نقطة **ح** (شكل ٢ و ٢ مكرر) الموضوعة في الفراغ بمستوى

عمودي على خط الارض الذي هو \overline{AB} فيصير بذلك عموديا على مستوى المسقط فيكون حينئذ مستويا على العمودين النازلين من نقطة \overline{C} احدهما على مستوى المسقط القائم والاخر على مستوى المسقط الافقي فاذا رجعنا مستطيلنا كما في (شكل ٢ مكرر) وكانت اضلاعه هذين العمودين وهما \overline{CH} و \overline{CH} اللذان هما تقاطع المستوى المحتوي عليهما مع

المستوى القائم والمستوى الافقي تحصل معنا $\overline{CH} = \overline{CH}$ و \overline{CH} وبالمجمل فاذا ادرنا مستوى المسقط الافقي لينطبق على الورقة

المستوية على المستوى القائم فانه في هذه الحركة لا يزال \overline{CH} و \overline{CH} عمودين على خط تقاطع مستويي المسقط وهو \overline{AM} وحينئذ لاجل ان يكون كل من نقطتي \overline{CH} و \overline{CH} (شكل ٢) مسقطا قائما ومسقطا

افقيا لنقطة واحدة على التناظر ينبغي ان يكون مستقيم \overline{CH} و \overline{CH}

عمودا على خط الارض المتقدم وهو \overline{AB}

ثم ان جزء \overline{CH} من هذا العمود هو البعدين نقطة \overline{C} والمستوى الافقي وجزء \overline{CH} هو البعدين نقطة \overline{C} والمستوى القائم

(بيان مسقطي الخط المستقيم)

اذا حدث عن تسلسل عدة نقط خط مستقيم مثل \overline{CH} فان سائر الاعمدة النازلة من النقطة المذكورة على كل من مستويي المسقط يحدث عنها مستوئالت يقطع كلا من المستويين المذكورين في خط مستقيم فاذا كان هنالك مسقطان مثل \overline{CH} و \overline{CH} (شكل ٣) لنهايتي مستقيم

\overline{CH} فباتصال نقطتي \overline{CH} و \overline{CH} بخط مستقيم يحصل

معنا مسقطا الخط المستقيم الذي هو \overline{CH} وهما حادثان عن تقاطع

المستويات

ولاجل رسم مستويا بطريقتي المساقط ينبغي سلوك طريقتي اخرى
وحاصلها ان المستوي المطلوب رسمه يقطع كلا من مستويي المسقط على حدة
في خط مستقيم ويقطعهما معا في نقطة $\overline{م}$ (شكل ٤) الموضوع على
خط الارض ويطلق باسم اثرى مستوي $\overline{ح م ح}$ على تقاطعيه وهما
 $\overline{ح م و م ح}$ بمستويي المسقط

ويكون وضع المستوي محدد التحديدا تاما بوضع خطين مستقيمين يحتوي
عليهما فاذن يكون اثر المستوي كافين في معرفة وضعه

ولنفرض الآن ان المطلوب تحصيل المسقط القائم المشار اليه بحرف $\overline{ح}$

(شكل ٤) لنقطة ما كنقطة $\overline{ح}$ الموضوع على مستوي $\overline{ح م ح}$
معي عرفنا المسقط الافقي وهو $\overline{ح}$ لهذه النقطة فيكون اولا مسقطا $\overline{ح}$

و $\overline{ح}$ لنقطة $\overline{ح}$ موضوعين ضرورة على خط عمودي على خط الارض

فاذا مددناه ورسمنا من نقطة $\overline{ح}$ على مستوي $\overline{ح م ح}$ خطا اقليبا
كان موازيا لاثر $\overline{ح م}$ الافقي فينتهذ يكون مسقطه وهو $\overline{ح م}$ موازيا

لمسقط $\overline{ح م}$ الان نقطة $\overline{م}$ الموضوع على خط الارض وهو ام ب
لاتنسب الان نقطة $\overline{م}$ الموضوع على مستوي المسقط القائم فاذن يكون

خط $\overline{م م}$ العمودي على $\overline{اب}$ محتويا على نقطة $\overline{م}$ التي مسقطها
الافقي $\overline{م}$ وهذه النقطة موضوعة على اثر $\overline{م ح}$ فاذن تكون في نقطة

$\overline{م}$ فاذا مددنا خط $\overline{م ح}$ موازيا لخط $\overline{ام ب}$ فانه يبين على المستوي

القائم مسقط $\overline{م ح}$ وحينئذ يكون المسقط القائم من نقطة $\overline{ح}$ موجودا
في آن واحد على $\overline{م ح}$ وعلى $\overline{ح ح}$ فاذن يكون في نقطة $\overline{ح}$ التي

هي تقاطع الخطين المستقيمين المذكورين وبناء على ذلك تكون نقطة $ح$

هي المسقط القائم من نقطة مسقطها الافقي $ح$

فاذا فرضنا ان اثار $م ح$ و $م خ$ و $ض ر$ و $ض ط$ للمستويين (شكل ٥) معلومة وكان المطلوب معرفة تقاطع المستويين المذكورين نقول اولاً حيث ان نقطة $د$ مشتركة بين الاثرين القائمين فانها تنسب

للتقاطع المذكور وحيث انها موضوعة على المستوى القائم فانها تسقط في نقطة $د$ على خط الارض الذي هو $ا ب$ وثانياً حيث ان نقطة $هـ$

مشتركة بين الاثرين القائمين فانها تنسب لتقاطع المستويين المذكورين وحيث انها موضوعة على المستوى الافقي فان مسقطها القائم وهو $هـ$

يكون موضوعاً على خط الارض المذكور فتحصل حينئذ نقطتان للخط المستقيم الذي يتقاطع فيه المستويان المذكوران وهما اولاً نقطة $د$ وثانياً نقطة $هـ$ وبناء على ذلك يكون مسقطا الخط

المستقيم الذي ينسب اليه النقطتان المذكورتان هما مستقيماً $د هـ$

و $د هـ$ وهذا هو خط التقاطع المطلوب

(بيان مسقطي كثير الاضلاع)

يكون مسقطا كثير الاضلاع $ا ب ث د هـ$ (شكل ٦) المحدود

بخطوط مستقيمة مضاعين عدداً اضلاعهما واحداً وهما $ا ب ث د هـ$

$ا ب ث د هـ$ اللذان رأساهما المتقابلان موضوعان على خطوط $ا ا$

و $ب ب$ الخ القائمة

وحيث ان تقاطع المستويين يكون دائماً خطاً مستقيماً مسقطاً مستقيماً ايضاً ينتج ان الجسم المحدود باوجهه مستوية يكون كذلك محدداً باضلاع

مستقيمة وهي تقاطع الواجهة المذكورة ونبين هذا الجسم بان نرسم على الورقة
الخطوط المستقيمة التي هي مساقط كل ضلع فتكون الرأس التي تحد كل ضلع
موضوعة على قائم واحد في مستوى المسقط

فلذا كان هرم **ض ا ب ث** (شكل ٧) مرسوما على وجه افق وقائم

بمساقط اضلاعه وكانت الرؤس المتناظرة موضوعة في نقطة **ض ض**

ا ا ب ب ث ث على مستقيمتين **ض ض**
و **ا ا ب ب ث ث** العمودية على خط الارض الذي
هو **م ن**

ثم ان الهندسة الوصفية تفيدنا بواسطة تقاطع المستويات والخطوط المستقيمة
تحديد طول الخط المستقيم المعلوم المقتطعين ومسطح شكل مستو معلوم
بمسقطي محيطه والزوايا المتألفة من خطين مستقيمين مسقطاهما معلومان
والزوايا المتألفة من المستويين المعلوم اثرهما الاقيان والقائمات واقصر بعد
بين الخطين المستقيمين المعلومين بمسقطيهما والزوايا التي تحدث عن خط مستقيم
معلوم بمسقطيه ومستو معلوم باثريه وهلم جرا وينبغي في دروس رسم الخطوط
ان نوقف التلامذة على حل تلك المسائل

وبواسطة حل المسائل المذكورة يمكن للصناعية اجراء جملة عمليات في الفنون
المهمة جدا كالبناء وقطع الاجاروفن النجارة المدنية وعمارة السفن والالات
والحرف وغير ذلك

ويمكنهم زيادة على رسم المستويات الاقية والمساقط القائمة للعمارات
والفن والآلات ونحو ذلك ان يصنعوا مع السهولة من هذه الاشياء قطعها
بواسطة اى مستو وكان يحدث عن مستوى هذا القطع عند ملاقاته لخطوط
مستقيمة مرسومة بمساقطها الاقية والقائمة تقط وزوايا يمكن تحديدها
ويكون تقاطع المستويات المتنوعة المعلوم باثراها مع مستوى القطع خطا
مستقيما وبين التلامذة هذه الخطوط المستقيمة ويرسمون رسما تاما بجميع اجزاء

العمارة التي ليست مركبة من عدة خطوط منحنية
مثلا يرسم النجار مع الدقة سائر اجزاء اخشاب الارضية او السقف المستوي
فيتصل عنده بواسطة الفصول والقطوع اشكال وابعاد كل قطعة من
الخشب مثل الكتلة والبرطوم والمر بوعة ونحو ذلك وتكون هذه القطع محددة
بأوجه مستوية وباضلاع مستقيمة ويرسم مساقط الاضلاع المذكورة
تتلاصق القطع المختلفة المذكورة ببعضها وتكون الخطوط الدالة على وضع
التلاصق هي تقاطع الواجه المستوية من قطع الخشب المتحممة ثم يحدد
التقاطعات المذكورة بواسطة الطرق السهلة التي ذكرناها آنفا وحيث ان اوجه
قطع الخشبية كلها ليست قائمة الزوايا يلزم ان يقيس الزوايا المتألفة من الواجه
المختلفة من قطعة واحدة والواجه المتناظرة من عدة قطع متلاصقة ويبحث
عن اتجاه كل وجه من هذه القطع وطوله وعرضه

فإذا سلك النجار الماهر على هذا المنوال من غير ان يتردد فيه فإنه يصل
بواسطة المساقط والقطوع الى تحديد جميع الاجزاء المستقيمة من خشبية
اي عمارة كانت

ومن هنا يعلم ان النجار الماهر الذي يرسم مع القاطنة والدقة كل قطعة من قطع
الخشبيات ويرسم مجموعها دائرة واسعة في المعارف الهندسية وليس بلازم
ان يسمى الخطوط والسطوح والمجسمات بالاسماء المصطلح عليها عند
المهندسين المقررة في كتبهم بل يكفي ان تكون القواعد العلمية على حالة واحدة
بدون اعتبار للاصطلاحات الطارئة في شأنها فان العلم اذا إعطاء الناس
باللغة اذ ارجة بينهم لا تقل بذلك منفعة ولا ينقص قدره

ويمكن ان نطبق المحوطات التي ذكرناها في شأن معارف النجار على معارف
فحات الاجار فنقول انه يلزم لفحات الاجار ان يجهز الاجار الاصلية التي تتركب
منها العمارة المراد انشاؤها مع الضبط على اى شكل كان بحيث يتحصل عن تلك
الاجار اذا وضعت متلاصقة او بعضها فوق بعض مع الانتظام التام واثباته
والصلابة الاشكال التي عينها المخرج بمسوياتها وارتفاعاتها وعند انتهاء

المساقط الاقدية والقائمة يقسم الجدران بعدة مستويات قاطعة فيكون
حينئذ شكل اجمار الدستور محددًا اولًا بالاجه الخارجية والداخلية
للجدران وثانيًا بالمستويات القاطعة التي يلاق عليها اسم مستويات
الاتحام لانه بحسب هذه المستويات تلتحم الاجار المذكورة ببعضها

ويسهل رسم اجمار الدستور والمعدة للاسوار المنتصبة العادية حيث انها على
هيئة اشكال متوازية السطوح اوجهم المتلاصقة عمودية واضلاعها المتقابلة
متوازية لكن اذا كن في الجدران ميل وحدث عنهما زوايا غير قائمة لزم ان يكون
نحت الاجمار على صورة اشكال ادق واصعب من الاولى وان تحدد الزوايا التي
تحدث عن الواجه المائلة مع اوجه الاقدية وكذلك زوايا الاضلاع التي على
استقامة السور تحدد مع الاضلاع التي على اتجاه السور الملاصقة وهكذا
ويلزم في الغالب ان اعلا الابواب والشبابيك وان كان مستويا يكون مصنوعا
من عدة اجمار متلاصقة اعلاها اعرض من اسفلها ثلاثا يفضي بها ثقلها الى
السقوط ويلزم ايضا بعد ذلك تحديد زوايا اضلاع الاجار وواجهها بابعادها
وغير ذلك وتحل هذه المسائل بطرق تقاطع السطوح

ويلزم ان تعلم التلامذة المعبدين لبناء العمارات وهندسة الابنية ورسمها قطع
ارانيك القريب والابواب والشبابيك والسلام وغير ذلك من الجهر على ابعاد
مناسبة بان يجعلوا لكل حجر من الاشكال ما يلائمه ويمتدوا النحام كل حجر
واضلاعه على وجه هندسي وهذا هو غاية ما يمكن ان توصي به من يمارس هذه
العملية ومن المرغوب انه عند تعليمها تنظم الخطوط المراد قطعها على حسب
تنظيم السطوح المستوية والاسطوانية والمخروطية والمنتشرة والموجبة
والدورانية وغير ذلك من السطوح التي استحسن وضعها في هذا الكتاب ويلزم
ايضا تعليمهم كيفية قطع ارانيك النجارة النقية وغيرها كتعليم ارانيك قطع
الاجار وهذه الطريقة يصير التعليم كثير الافادة واسرع من غيره

(بيان تقاطع الخطوط المستقيمة والمستويات)

(مع السطوح المخفية)

سيأتي الكلام على هذه السطوح في مجتها وانما تكلم هنا بالترتيب على تقاطع الخط المستقيم والمستوى مع السطوح الاسطوانية والمخروطية والمنشورة والمعوجة وسطوح الدوران وغير ذلك فنقول

(بيان كيفية رسم مسقطي الاسطوانة)

لاجل تحصيل هذين المسقطين يرسم على احدى مستويي المسقط كالاستوى الافقي مثلاً اثر الاسطوانة المذكورة اي تقاطعها مع المستوى المذكور ولا يخفى انه اذا كانت جميع اضلاع الاسطوانة متوازية تكون مساقطها بالضرورة متوازية فبجبردد تحديد اتجاه $\overline{ش ش}$ و $\overline{ش ش}$ مسقطي

اي ضلع كان (شكل ٩) ينتج لنا اتجاه مساقط الاضلاع الاخر ويكتفي عادة في رسم المسقط الافقي والمسقط القائم ببيان الاضلاع المتطرفة وهي

$\overline{ا ا}$ و $\overline{ه ه}$ و $\overline{ب ب}$ و $\overline{د د}$
 $\overline{و و}$ و $\overline{ز ز}$ و $\overline{و و}$

(بيان تقاطع الاسطوانة مع المستوى)

اذا علم اثر المستوى ومسقطا الخط المستقيم علمت كيفية تحديد تقاطع الخط المستقيم المستوي واذا اجريت العملية في شأن الاضلاع المختلفة من الاسطوانة حدث عن كل ضلع نقطة التقاطع التي تسقط على وجه افقي ومنصب ويتألف عن مجموع هذه النقاط خط منحني افقي وخط منحني قائم وهما مسقطا خط التقاطع المطلوب

واما عمليات الفنون فالغالب فيها ان يرسم التقاطع على نفس السطوح بوضعها في مقابلة بعضها ولنفرض ان تكون الاسطوانة (شكل ١٠) انبوية وياق شكلها اسطواناني وان يكون المستوى لوحاً من صفائح الحديد تقطعه الانبوية فتضع تلك الانبوية في نفس الاتجاه الذي يلزم لها ولكن تؤخرها على قدر الكفاية حتى لا تمس المستوى الذي تقطعه وبعد ذلك نأخذ مسطرة ونجعلها مقابلة للاسطوانة على حسب اتجاه اضلاع هذا السطح ثم نقدها او تؤخرها حتى يمس احد طرفيها لوح الصفيح وبالجمله فتبين لكل

من اوضاع هذه المسطرة اتصاله بال لوح المذكور فيكون مجموع النقط المعينة على هذا الوجه هو منحنى تقاطع السطحين اى الانبوبة ولوح الصفيح ولنفرض انه يؤخذ على المسطرة طول ثابت مناسب ابتداءً من الطرف الذى يسر دائماً الى لوح الصفيح ونعين نقطة اخرى على الاسطوانة او الانبوبة مقابلة للطرف المذكور فيحدث عن تسلسل النقط الجديدة المرسومة بهذه الكيفية خط منحنى وهو خط تقاطع الاسطوانة مع المستوى ولننتل مع التوازي لوح الصفيح او الاسطوانة فينطبق بمقتضى تساوى المتوازيات الموجودة بين خطين متوازيين المنحنيين المرسومين احدهما على المستوى والاخر على الاسطوانة على بعضهما انطباقاً كلياً ويمتزجان معا وبعد رسم هذين المنحنيين تقطع بحسب محيطهما الاسطوانة والمستوى او هما معا على حسب الغرض المقصود من هذه السطوح

وهذه الكيفية ارجح من غيرها البسطها وصحتها مهما كان شكل الاسطوانة ولو كان لوح الصفيح على شكل منحنى عوصاً عن ان يكون على شكل مستو

(بيان اجراء العملية فى انشاء المنحنى)

يستعمل النجارون هذه الكيفية فى رسم منحنى تقاطع سطح مقدم السفينة و سطح طبقاتها مع سطح الصواري وفى ثقب بكرات الصاري

(بيان اجراء عملية تقاطع الاسطوانة مع الظلال)

اذا قطع السطح المحدد باضلاع متينة اشعة ضوء الشمس ومد من كل نقطة من محيط هذا السطح خط مواز لاشعة الشمسية حدث عن جميع المتوازيات اسطوانة تتصل خلف السطح المذكور الجزء المظلل من الجزء المضيء فاذا كان خلف الاسطوانة جسم حال بتمامه فى هذا الظل فان الشمس تكون مخفية بالكلية ومعجوبة بالسطح الذى يحصل عنه الظل بخلاف ما اذا كان جزء فقط من هذا الجسم فى الظل واريد تحديد تقاطع سطح الجسم مع الاسطوانة فان المنحنى المحدد بهذا الوجه يفصل على الجسم الجزء المظلل من الجزء المضيء وبذلك

يتحصل معنا خط اتصال الظل والضوء على الجسم المظلم بواسطة منحنى تقاطع سطح هذا الجسم مع الاسطوانة التي تعين في الفراغ حد الاشعة الشمسية المحبوبة بالسطح المظلم

ولناخذ مسطرة ونجعلها موازية دائماً لاشعة الشمسية ثم نضعها من احدى جهتيها على السطح الذي يحصل عنه الظل ومن الاخرى على الجسم المضيء جروءه فيرسم كل وضع من المسطرة نقطة على الجسم المتقدم ويصير اجتماع النقط المرسومة على هذا الوجه هو خط اتصال بين الظل والضوء

ولا بد ان يكون للرسمين والمصورين والحاتين المام تام بالاسطوانات التي يخرج منها ظلال الاجسام ومما لا بد منه ايضا ان يعينوا بواسطة طرق مساقط السطوح وتقاطعها صورة ظلال عدة اجسام مختلفة الوضع والصورة على اجسام اخر متبوعة الصور والاوزاع فبذلك يكتبون علمية مضبوطة صحيحة في شأن تأثير ضوء الشمس الخاص بشكل الظلال ومعرفتهم لهذه العناية تمنعهم غالباً من الوقوع في الخطا الفاحش الذي يمكنهم اجتنابه اذا كان لهم ادنى المام بالهندسة التي لها دخل في فنونهم

ويلزم ضبط الظلال لاسيما في رسم البناء الذي يكون فيه لسائر الاجسام المرسومة كالاسوار والاعمدة والقبب والقبوات اشكال هندسية دقيقة فيلزم اذن للمعمرجي الذي يريد رسم ظل مستوياته ليعرف تأثير الظل والضوء اللذين يحدثان عن مبانيه ان يتعود على تحديد سائر الظلال مع اداة التامة

ونفرض في رسم العمارات ورسم الآلات ان الاشعة الشمسية تكون مائلة بمتدار ٤٥ عند نزولها من اليسار الى اليمين ومتى رسمت الاجسام بالخط دون البوية عينا بشرطات غليظة المحيطات المتصلة بالاوجوه الموضوعة في الظل وعينا ايضا بشرطات رفيعة المحيطات الفاصلة بين الالوجه المضئية وهذه الاشارة تكفي في التمييز بين هذه الاشكال الهدية والمجوفة ولولاها لالتبس ببعضها عند رؤية رسمها بالخط

فلذا كان مجرد اختبار الاضلاع المظلة والاضلاع المضئئة (شكل ١١)
يدرك ان في **ا ب ث د** برواذا محدة با وفي **ا ر ش و** برواذا مجحوفة
وعلا بد منه للتلازمة الذين يرسمون العمارات والآلات ان يتعودوا مع
القسط على تعيين الخطوط الرفيعة والخطوط الغليظة لانه عند امتزاجها
يعضها لتلبس الاشكال المحدبة بالاشكال المجحوفة وبالعكس

*** (بيان اجراء العملية في علم المنظر) ***

اذا اريد رسم ظل عمارة من بعد فانه ينبغي تعيين نقطة اجتماع سائر الاشعة
المتوازية بمقتضى الطريقة العامة المذكورة في الدرس التاسع المتعلقة بنقط
الاجتماع فبمجرد ما يتحصل معنا منظر اى نقطة ينتج بوصول تلك النقطة على
اللوحة بنقطة اجتماع الاشعة الشمسية منظر السماع المار بالنقطة المفروضة
واذا كانت النقطة المذكورة مظلمة فانه ينتج منظر ظلها وقد يكون ظل الخط
المخنى المنظور من بعيد جملة خطوط مستقيمة تنهى كلها بنقط الاجتماع
كاضلاع المخروط

*** (بيان تقاطع المخروط والمستوى) ***

هذه التقاطعات السماة بالقطوع المخروطية لها في صورته ما اذا كان المخروط
مستديرا او مائلا او قائما اهمية عظيمة جدا في العلوم والفنون ولها في الهندسة
مبحث مستقل مهم كبحث المثلثات ويعتبر كانه علم يتوصل به من مبادئ
الهندسة الى مطلوباتها

ولا يليق بهذا المبحث ان تعرض لبطء الكلام على اصول اشكال القطوع
المخروطية ونظيراتها الاصلية وانما نسلك في ذلك مسلك الایجاز فنقول
نعين المساقط الاقصية والقائمة لتقاطع المخروط بالمستوى كما فعل ذلك
في الاسطوانة وذلك بان نعین المسقط الافقي والقائم لتقاطع هذا المستوى بكل
ضلع من اضلاع المخروط فيكون المخنى المار بالنقط المعينة بهذه الكيفية في حال
وضعه على مستويات المساقط هو المسقط المطلوب تحصيله
ولناخذ المخروط البسيط المنتظم وهو المخروط القائم المستدير كما في

(شكل ١٢) فتكون جميع خطوط تقاطعه بمستويات موازية للقاعدة
 دوآترك القاعدة المذكورة وقد تكلمنا في الدرس الثالث على خواص الدائرة
 ومحيطها ولم يبق علينا الا القطع الناقص والقطع المكافئ والقطع الزائد
 ولنتكلم عليها على هذا الترتيب فنقول

*** (بيان القطع الناقص) ***

اذا قطعنا المخروط بمستوى $ح خ$ (شكل ١٢) المائل على المحور
 وكان هذا المستوى قاطعا لاسطوان المخروط فان القطع المحروطي الحادث
 بهذه الكيفية يكون قطعانا قاصا وهو خط منحن متصل ببعضه من سائر جهاته
 بحيث لا يرى فيه اقتراج وهالك خواص القطع الناقص الالامية

وحاصلها ان هذا الشكل له مركز في نقطة $و$ (شكل ١٣) ومحوران
 مثل $ا ب$ و $ث د$ يتقاطعان في زاوية قائمة وكل خط مثل
 $ض و ط$ متمد من مركز $و$ ومنته الى محيط القطع الناقص يكون
 منقسما بالمركز المذكور الى قسمين متساويين وهو قطر يقسم ايضا القطع
 الناقص الى قسمين يمكن انطباق احدهما على الآخر بقلب هذا القطر طرفا
 على طرف

وكل من المحورين المذكورين يقسم القطع الناقص الى قسمين متماثلين وكل
 خط مثل $م ح ن$ عمود على احد المحورين وهو $ا ب$ يكون منقسما
 بهذا المحور الى قسمين متساويين مثل $ح م$ و $ح ن$ وبناء على ذلك
 اذا ادركنا نصف القطع الناقص وهو $ا ب$ حول $ا ب$ الذي هو
 بمنزلة المحور فان سائر نقط محيط $ا ب$ تنطبق مباشرة على تقط محيط
 ا د ب

واذا كان مركز القطع الناقص عين مركز الدائرة التي قطرها محور $ا ب$
 فانه باستمداد خطي $و د$ و $ح ن$ على الدائرة الى نقطتي $د$ و $ن$
 يتحصل معنا هذا التناسب وهو $و د : ح ن :: ح ن : ح د$
 وهذا بالنظر للخطوط الثلاثة المستقيمة وهي $ح ن د$ الموازية لمحور

ث و د ومن ثم يمكن ان يعتبر القطع الناقص بالنظر لجهة من جهاته كانه
دائرة مفرطة ومنبسطة مستوية بالنظر لجميع اجزائها

واما في صورة العكس وهي ما اذار سمنا دائرة مثل ث د
(شكل ١٣ مكرر) على المحور الصغير وهو ث د المعتبر كانه قطر فانه
يتحصل معنا تناسب الاقي بالنظر لكل خط مستقيم مثل خط ف با غ
العمودي على محور ث د المنتهي في نقطة غ بالدائرة وفي نقطة غ
بالقطع الناقص وهو و ر : و ب :: ف غ : ف غ
وحينئذ يمكن اعتبار القطع الناقص كانه دائرة يضاوية ممتدة امتدادا متناسبا
في سائر اجزائها

واذار سمنا دائرة على مستو مائل مرموز له بمستقيم اب (شكل ١٤)
كان المطلوب معرفة مسقطها على المستوى الافقي

فنفرض ان ا ر هو مسقط قطر اب الذي هو اكثر ميلا من غيره
وحيث ان نقطة و هي مسقط مركز و فاذا ارد ث و د عمودا على
ا ر وجعلنا و ث = و ث = نصف قطر الدائرة فان منحنى
ا ر ث د يصير مسقط الدائرة المذكورة وبذلك يكون قطعانا مساويا وذلك انما
اذا اردنا عمودا مثل م ن على قطر الدائرة الذي هو اب المرسومة
على مستوى اب فان خط م ن الافقي يكون في مستوى الدائرة
وبناء عليه يكون مساويا لمسقطها الذي هو م د ولذا يكون قرب اعمدة
م د البسيطة من المحور الاكبر الذي هو ث و د اكثر من قرب اعمدة
م د من قطر ث و كنسبة و م الى و م فاذا يكون مسقط
الدائرة المذكورة ليس الا دائرة منبسطة ممتدة بالناسب في جميع اجزائها
وهي كناية عن القطع الناقص

فعلى ذلك كل دائرة رسمت على مستو غير مواز لها يكون مسقطها قطعانا قصا
ويكون المحور الاكبر من هذا القطع مساويا لقطر الدائرة المذكورة
ولما كانت خواص القطع الناقص كثيرة جدا بحيث لا يمكن بسط الكلام

عليه اقتصر نامها هنا على خاصية تذكرها لك لاهميتها وكثرة مدخلتها في العمليات فتقول

اذ اعينا نقطتين ثابتتين مثل ف و و (شكل ١٥) بوندين او شخصين وربطنا فيهما خيطا اطول من مسافة هـ و ف ثم شدنا هذا الخيط بالترسم فيتقدم تارة الى جهة ف وتارة الى جهة و حدث عن ذلك خط منحني يسمى قطعانا قصاوي يقال له ايضا قطع البستاقية الناقص لانهم يزعمون التقطوع انما قصه الموجودة بيسايتهم على هذه الكيفية ومن خواص القطع الناقص الشهيرة جدا انه في كل نقطة من نقطه كالنقطة المرموز اليها بحرف ث يحدث عن جزئ فث و و ث المستقيمة المركب منهما الحبل في نقطة ث زاوية واحدة بتلاقيهما مع الخط المنحني او مماسه وهو ط ث ط

(بيان اجراء العملية في علم الضوء) *

قد افادتنا التجربة ان كل شعاع من اشعة الضوء كشعاع ف ث الذي يمر خطا منحنيا او سطح ا ث ب يكون له اتجاه مثل ث ف وبعبارة انه ينعكس على حسب ث ف بحيث يحدث عن الشعاعين اللذين هما ف ث و ث ف زاوية واحدة بتلاقيهما مع الخط المنحني او السطح فاذا نزعكس القطع الناقص الضوء كما انعكسه المرآة المستوية فانه يكون لكل شعاع مضيء مثل ف ث خارج من نقطة ف عند انعكاسه اتجاه ث ف المار بنقطة ن

وكل نقطتين مثل ف و و يسميان بالبورتين فعلى ذلك جميع الاشعة المضيئة الخارجة من احدى البورتين والمنعكسة بحيط القطع الناقص تمر بالبورة الثانية

(بيان اجراء العملية في علم السمع اى انعكاس الصوت) *

ينتشر الصوت ويتجه اتجاها مستقيما كاتجاه الضوء واتساره ثم ينعكس انعكاسا مستقيما ايضا بحيث تساوى زاوية الانعكاس زاوية السقوط

المعتزة فعلى ذلك اذا كان محيط القطع الناقص مرسوما بحيث يعكس الصوت فان سائر الاصوات الخارجة من بورة ف تنعكس عند مرورها بالبورة الثانية وهي ف التي تصير صدى ف

وهناك محال بنيت على صورة القطع الناقص (شكل ١٥) فظهر منها بواسطة التجربة صحة ماقررناه في هذا البحث فان الانسان اذا خفض صوته وهو في البورة التي هي ف بحيث لا يسمعه القريب منه بان كان في نقطة و من ملاحظت مع ذلك عن تأثير صدى صوته المنخفض الصادر عنه في نقطة

ف صيرورة هذا الكلام واضحا مفهوما في البورة الثانية وهي ف ولا بأس بان نذكر هنا علمية تتعلق بخامة الصوت وان كانت محزنة تتأثر منها النفس وحاصلها ان اناسا لارأفة عندهم بنوا سجوناً لا يمكن ان سجن بها وكبل بسلاسل الحديد في بورة ف ان يتفوه بكلمة واحدة الا وتسمع في البورة

الثانية وهي ف من القبة التي على هيئة القطع الناقص المنفصلة من ف بحاجز يمنع السجون ان يرى السجنان المتكلمين بملاحظته ومراقبته

وقد قطع النجوم السيارة حول الشمس خطوطاً منحنية وهي قطوع ناقصة احدى نقطتي احتراقها مركز الشمس وقد مضى على علماء الهيئة والهندسة ثلاثون قرناً وهم يمارسون قوتهم حتى ادر كوا حقيقة هذه التجربة التي بها اتسعت دائرة علم الهيئة عند المتأخرين

فاذا ادركنا القطع الناقص حول محور كبير مثل ا ف ب يمر بنقطتي الاحتراق حدث عن ذلك سطح دوران توجد فيه هذه الخاصية وهي ان كل شعاع مضى ذى صدى مثل ث ف خارج من نقطة الاحتراق وهي ف يكون في انعكاسه على خط مستقيم يمر بنقطة الاحتراق الثانية

وهي ف

وكانه يمكن بواسطة الدائرة البيضاء المستطيلة او القرطعة المسطحة بالنظر لجميع اجزاء نقطتها ان ترسم سائر القطوع الناقصة يمكن بواسطة الجسم الناقص الدائر المرسوم بدوران القطع الناقص حول احد محوريه ان ترسم

سطوح مجسمة ناقصة يضاوية مستطيلة او مسطحة وهذه الطريقة تكني
في هذا المقام ولا حاجة فيه الى الاطناب وبسط الكلام
وهناك طريقة اخرى في رسم القطوع الناقصة بحركة مستمرة كان يستعملها
ارباب الصنائع غالباً وذلك انه اذا كان $\overline{أوب}$ و $\overline{ثود}$ هما
المحوران (شكل ١٦) ومددنا مستقيم $\overline{من ح} = \overline{وا}$ واخذنا
عليه $\overline{ح ن} = \overline{وث}$ وبقيت نقطة $\overline{م}$ مأكثة دائماً على المحور
الاصغر الممتد على قدر الحاجة وبقيت نقطة $\overline{ن}$ على المحور الاكبر فتقدم
هذا الخط المستقيم وتأخره في جميع اوضاعه الممكنة ترسم نهايته وهي $\overline{ح}$
القطع الناقص وهو $\overline{أ ب ث د}$

وقد صنعوا بموجب هذه الطريقة آلات لرسم القطع الناقص بحركة مستمرة
وهي في الحقيقة سيكارات على هيئة قطع ناقص
وقد ينشأ في قائمة الآلات المخترعة كيفية الرسم بهذه السيكارات لسطح مجسم
قطع ناقص ايما كان بواسطة حركة مستمرة وخط مستقيم تقطه الثلاثة المعلومة
تمكث دائماً على ثلاثة مستويات ثابتة حين ترسم النقطة الرابعة بتقدمها
وتأخرها في جميع الجهات سطح مجسم القطع الناقص ونستعمل هذه الطريقة
في اخذ صورة الاجسام وفي الاشغال التي يقتضيها ابناء القنوت التي على صورة
القطوع الناقصة

* (بيان القطع المكافئ) *

يكون القطع المكافئ (شكل ١٧) مرسوماً على مخروط $\overline{أ ب}$ و $\overline{س ا}$
بواسطة مستوى $\overline{خ ر}$ الموازي لاحد اضلاع المخروط المذكور وهذا القطع
هو خط منحني كخط $\overline{م د ح}$ مغلق من جهة ومفتوح من اخرى ويمتد الى
الانهاية وفرعاه هما $\overline{م د}$ و $\overline{ح د}$ آخذان في الانفراج على التدريج
وليس للقطع المكافئ الذي هو $\overline{من ح}$ (شكل ١٨) الارأس واحد
وهو $\overline{ن}$ ومحور واحد وهو $\overline{ن ل}$ يكون فرعاه للقطع وهما $\overline{من}$
و $\overline{ن ح}$ بالنسبة اليه متماثلين ولهذا القطع ايضاً بورة وهي $\overline{ف}$

وانخذ المحور بكمية ككمية $ن غ = ن ف$ التي هي بعد المسافة
 بين بورة القطع المكافئ ورأسه وعند ايضا من نقطة $غ$ مستقيم $س ص$
 عودا على هذا المحور فاذا مددنا الشعاع المنعكس وهو $ك$ الى
 نقطة $ش$ على $س ص$ كانت نقطة $ـ$ التي هي من القطع
 المكافئ على بعد واحد من البورة ومن خط $س ص$ وحينئذ
 $ف$ $ـ$ يساوي $ش$ فاذا اتينا بمطرقة مثلثة مثل
 $ه ش$ ومررنا بها على طول $س ص$ واتينا ايضا بجبل نربطه
 بالزاوية القائمة وهي $ش$ ونشده بحيث يكون على هيئة خط مستقيم
 بطول $ش$ واتينا بجبل ثان ثابت في نقطة الاحتراق وهي $ف$
 ونضمننا احد طرفيه في نقطة $ـ$ الى الجبل الاول بحيث ينتج ان
 $ف$ $ـ$ $ـ$ $ش$ وتركنا هذين الجبلين يمتدان بالتساوي
 فكما بعدت المسطرة المثلثية عن المحور اخذت نقطة $ـ$ في رسم القطع
 المكافئ حتى ينتهي

واذا فرضنا ان القطع الناقص يمتد بالتدريج فان نقطتي احتراقه يعدان عن
 بعضهما فاذا اقتصرنا على احدى هاتين النقطتين فان جزء القطع الناقص
 الذي يمتد حول هذه النقطة يكون عند الرسم شيئا بالقطع المكافئ على
 التدريج حتى اذا تم رسمه صار امتثالين بحيث لا يفرق بينهما

ثم ان النجوم ذوات الذنب ترسم خطوطا منحنية قريبة الشبه بالقطوع
 المكافئة تشغل الشمس نقطة احتراقها وهي في الواقع قطوع ناقصة يضاوية
 الشكل

وكلاما متدا للقطع الناقص اخذت الاشعة الشمسية الخارجة من احدى قطبي
 الاحتراق المتباعدة عن النقطة الثانية في التوازي تدريجا وهذا فيما اذا فرضنا
 ان نقطتي الاحتراق يعدان عن بعضهما بعدا لانهاية له وبذلك يكون القطع
 الناقص في الحقيقة قطعامكافئا وتكون الاشعة الخارجة من نقطة الاحتراق
 التي يكون بها الراصد منعكسة بانحط المنحنى المذكور بحيث لا تقابل المحور

الذي توجد فيه نقطة الاحتراق الثانية الا في بعد لانهاية له فاذن تكون الاشعة الخارجة من نقطة احتراق القطع المكافئ منعكسة بهذا الخط مع موازاتها للمعور

ويستعمل القطع المكافئ لتلقي الضوء الخارج من نقطة الاحتراق وانعكاسه الى جملة اشعة موازية للمعور عوضا عن ان تكون تلك الاشعة منتشرة في سائر النقط الموجودة في الفراغ

(بيان اجراء العملية في المنارات)

اذا اوقدت نار على شواطئ البحر او في داخل ميناء او في مصب الانهر او على المراسي الخطرة او ما جاورها فن المهم ان نرى ضوء تلك النار من بعيد وهي نار المنارات فيلزم وضعها في نقطة احتراق السطوح المتخذة من النحاس المقصص ويجعل لها شكل القطع المكافئ الذي يدور حول محوره (شكل ١٨) وهو مجسم قطع الدوران ويوجب هذا البيان يحدث عن سائر الاشعة التي يعكسها السطح الذي يطلق عليه اسم مجسم القطع المكافئ العاكس له اشعة متوازية قاعدتها دائرة AB ث D المتوازية التي يتكون منها ايضا قاعدة سطح AB ث D من العاكس

ثم ان مجسم القطع المكافئ نارة يكون موضوعا في وضع ثابت وفي هذه الصورة لا يمكن رؤية المنارة في الليل على بعد عظيم الا في وقت المرور بمحور القطع المكافئ ونارة يدور مجسم القطع المكافئ على محورها ثم فيقتد بصير بالتدريج الضوء المنعكس بذلك المحور على سائر نقط الافق وقد ادرك الملاحون بذهاب الضوء ورجوعه المنتظم ان هذا الضوء ليس ناشئا عن نار موضوعه حيثما اتفق وقد يميز من المدة المتخللة بين وجود الضوء وانعدامه الاختلافات التي تميزها المنارات من جهة واحدة

(بيان القطع الزائد)

القطع الزائد هو عبارة عن قطع CD و EF (شكل ١٩) الرسوم في الخروط بمستويين طبعين AOB و AOW ويتقسم الى

جرتين منفصلين عن بعضهما لكل واحد منهما قرعان ك كالقطع المكافئ.
 الا ان الفرق بينهما هو ان فرعي القطع الزائد يمتدان بسرعة اكثر من فرعي القطع
 المكافئ. ومن هنا قيل ان فرعي القطع الزائد المحكم الرسم المشترك مع القطع
 المكافئ. في المحور والرأس يؤول امرهما الى كونهما يخرجان من بين فرعي
 القطع المكافئ.

وللقطع الزائد وهو ا ب ث و ا ر ث (شكل ٢٠) محوران
 ونقطتا احتراق وهما ف و ف كالقطع الناقص غيرانه عوضا عن
 أن يكون مجموع الاشعة الاحترافية ثابتا على حالة واحدة يكون ذلك ثابتا
 لتفاضلها وكذلك شعاعا ف م و ف م يحدث عنهما زاوية واحدة
 مع المنحنى الا ان هذا المنحنى يميز هذين الشعاعين اى شعاعى الاحتراق عوضا
 عن ان يكسبهما كالقطع الناقص * وبالجمله فهنا الخطان مستقيمان مثل
ن ص و ص ه و ز و ن يحدث عنهما زاوية واحدة مع المحور الا كبر وهو
ف و ف ويقر بان من القطع الزائد كلما بعدا عن مركز و المارين به
 من غير أن يتلاقيا بفرع القطع الزائد ولذلك سميا بالخطين الموازيين للخط
 المنحنى

* (بيان تقاطع الشكل المخروطى بالسطوح المنحنية) *

يكفى لتحديد هذا التقاطع أن تمر بعدة مستويات من رأس المخروط فتقطع هذا
 المخروط في اضلاع مستقيمة وتقطع ايضا السطوح المنحنية في خطوط آخر يكون
 تقاطعها مع تلك الاضلاع هو عين تنط الخط المنحنى المطلوب

* (بيان اجراء العملية في معرفة علم النور) *

قد سبق في الدرس التاسع ان الاجسام تظهر لنا بواسطة اشعة منيرة سارية من
 كل من نقطتها الى مركز عين الانسان فعلى ذلك كل خط يقذف الاشعة المنيرة
 المذكورة يصير قاعدة للمخروط فاذا رسمنا تقاطع هذا المخروط بالسطح المشاهد
 تحصل معنا منظر الخط المنير

وتتكون الالواح في العادة سطوحا مستوية كما تقدم في الدرس التاسع

وقد تكون اسطوانات او انصاف كرات

(بيان البانورامة الى المنظر العام)

قد توصل اهل هذا الفن الى صناعة الواح اسطوانية بوضع نقطة المنظر على قس محور الاسطوانة وبهذه الواسطة امكثهم ان يرسموا على محيط الاسطوانة سائر الاجسام الطبيعية التي تنشر بالاستدارة الى الافق حول نقطة مفروضة وهي البانورامة التي يعبر عنها بالمنظر العام لجميع الاشياء لانه بواسطتها شاهد جميع الاجسام التي يمكن رؤيتها من نقطة واحدة فلذا كانت البانورامة عبارة عن تقاطع السطح الاسطوانى المتقدم المأخوذ لو جامع سطح مخروط واحد او عدة سطوح مخروطية رأسها موضوعة في نقطة المنظر وقاعدتها جميع الخطوط الطبيعية التي يريد الصانع رسمها

ولاجل الاختصار في عمليات هذا النوع من المنظر تقسم الافق الى اجزاء متعددة بأن تقسمه الى عشرين جزءاً مثلاً ثم يرسم على افرخ ورق او صفائح مستوية معتادة منظر الاشياء المنحصرة في العشرين جزءاً من الافق ثم يرسم بجانبه على الستارة الدالة على انتشار سطح الاسطوانة المجعولة لواح العشرين طبقة المنتصبة المتوازية ثم تنشر هذه الستارة على الحائط الاسطوانى من البيت المستدير المحتوى على البانورامة

واذا رسم هذا النوع على حقيقته دهش منه الناظر لانه في بعض الاحيان يبدو له منه سائر التخيلات الطبيعية وهذه الطريقة في الرسم اجود من غيرها اذ بها يعرف منظر اى محل كان حول نقطة مفروضة وهذه الفائدة لا يمكن وجودها في السطح المخوف ولا في منظر صورة جزء من الافق

(بيان المرأة المصورة)

هذه المرأة عبارة عن لعبة طبيعية شهيرة ناشئة عن التخيلات الهندسية وهي من قبيل البانورامة وصورتها ان يرسم على مستواشكال بحيث انها عند انعكاسها بالمرآة الاسطوانية او المخروطية تظهر لعين الراصد في صورة اجسام منتظمة وصور طبيعية ويازم لرسم تلك الاجسام على المستوى ان تصور

اولا سائر اضلاع المخاريط التي تجعل لكل جسم منظر اعلى المرء آتو ثانيا الاشعة المنعكسة بان نعتبر هذه الاضلاع كأنها اشعة ساقطة فينتج عن كل شعاع منعكس يتقاطعه بالمستوى نقطة ويكون مجموع النقط المحددة بهذا الوجه الشكل المطلوب رسمه وما يحصل للانسان عند رؤية هذا المنظر من المسرة والابتهاج انما هو نائبي عما يلحقه من الطرب حين يرى الاشكال الغير المنتظمة والاشكال البشعة القبيحة المنظر تتحول بانعكاس الضوء الى اشكال منتظمة حسنة المنظر مستكملة لما يرويه من الانتظام والجودة

(بيان المناظر المرسومة صورتها في داخل القباب والقبوات)

قد تكون القباب والقبوات الموجودة في العمارات الكبيرة كالمباني كل والقصور منقوشة في الغالب بمناظر رسمها يتحصل بتقاطع السطوح المخروطية بسطوح هذه القباب والقبوات فيلزم للرسم ان يقف على حقيقة ما يراه من الصور لتظهر المناظر على بعداتها على شكلها الحقيقي ووضعها الطبيعي وان كانت في حالة القرب تخالف ذلك بالكيفية

(بيان الظلال المخروطية)

اذا كان هناك نور كنور مصباح او شمعة او كان عدة انوار مجمعة مارة بفتحة صغيرة واثارت على اجسام مظلمة فانها تنعكس من ظل هذه الاجسام بحيث يترأى في الفراغ ان الفاصل بين الظل والنور شكل مخروطي فاذا اراد رسم الظل الذي يعكسه الجسم المنير من نقطة واحدة على جسم آخر لزم ان تحدد تقاطع السطح المخروطي الناتج من الجسم الذي يعكس الظل بالجسم المنعكس عليه الظل

وسنبين لامرئ في التصوير القواعد التي تظهر لهم في هذا المعنى وكذلك في الظلال المنعكسة باشعة متوازية عند تحديد من مبدء الامر بالطرق الهندسية كثيرا من الظلال المنعكسة التي من هذا القبيل ليعتادوا على الاشكال التي تنتج عنها ويعرفوا معرفة تامة تأثير النور في شكل الظلال فبذلك يزاد رسمهم صحة وضبطا

وذلك لئلا نأخذنا سجننا على منوال الطريقة التي ذكرناها نتج عن ذلك شيان
 احدهما تقاطع السطوح المنتشرة والمعوجة بسطوح آخرتين النقط التي
 تتلاقى فيها السطوح بكل من المستقيمات التي هي اضلاع السطوح الاول *
 ثانيهما تقاطع سطوح الدوران الدوران بسطوح آخر عند البحث عن النقط
 التي تتلاقى فيها السطوح الاخيرة بدواً متوازية مرسومة على السطوح
 الاول وهلم جرا ومهارة الراسم في هذه العمليات هي اتعابه سطحي المسقط
 ليتحصل معه خطوط منحنية بسيطة يسهل بهارسم مساقط خطوط التواء
 من كل سطح

*** (الدروس الرابع عشر) ***

(في بيان الخطوط والمستويات المماسية للمخنيات والسطوح)
 لاجل تسهيل ادراك القضايا والبرهنة عليها نبدل في الغالب خط
ا ب ث د ه ف غ ش المنحنى (شكل ١) بمضلع مستقيم
 الخطوط تكون اضلاعه الصغيرة جدا وهي ا ب و ب ث و ث د
 و د ه الخ مماثلة بالكليّة لعنصر الخط المنحنى المحصر بين تلك الاضلاع
 المتنوعة

واذا اردنا من تقطّي ا و ب افروض وضعهما على المنحنى مع غاية
 القرب من بعضهما خط س ا ب ص المستقيم ظهر كانه امتزج بالمنحنى
 في المسافة الصغيرة التي بين تقطّي ا و ب وتعين به اتجاه الجزء الاصغر من
 منحنى ا ب ث د ه ف غ ش فنقول حينئذ ان مستقيم
س ا ب ص مماس للمنحنى في عنصره الصغير وهو ا ب
 ولا يخفى ان هذه الطريقة التي استعملناها في تحصيل مماسات المنحنى ليست
 الا طريقة تقرّيبية ولنضرب لك مثلاً تقرّيباً ليكون عندك المماس بالمماسات
 الحقيقية فنقول

لنخذ في دائرة ا ب ث د (شكل ٢) نصف قطر وا ثم نخذ من
 نهاية ا عود س ا ص على نصف القطر المذكور وروية برهنا

(في الدرس الثالث) على ان كل نقطة من س اص ماعدا نقطة ا توجد خارج الدائرة وان مستقيم س اص الذي يمس الدائرة في نقطة واحدة يسمى مماس الدائرة

ولا يمكن ان نر من بين نقطة ا ولا من شمالها بخط مستقيم بين الدائرة ومماسها وهو س اص فلذلك نر من نقطة ا خطا مستقيما كخط از ثم نر خط ون عمودا على از فيصير هذا العمود بالضرورة اصغر من مائل وا فاذن يدخل خط از في الدائرة وبناء على ذلك لا يمر دائرنا من نقطة ا بين الدائرة ومماسها وهو س اص

وحيث ان الجزء الصغير من الدائرة الذي اوله من المماس اتجاهه هو عين اتجاه المماس المذكور امكن ان نعتبر نقطة قريبة جدا من نقطة ا مأخوذة على الدائرة كأنها موضوعة على المماس وهذا كاف في تعيين اتجاهها الذي يقل خطا كلما قربت النقطة الثانية من الاولى

وقد يكون نصف قطر و العمودي على مماس س اص عموديا ايضا على عنصر الخط المنحني الذي يكون من نقطة ا على اتجاه المماس المذكور ويطلق اسم الخط العمودي على الخط التنازل عمودا على المماس فلذا كان نصف قطر الدائرة عمودا على المحيط

ثم ان ارباب الفنون يستعملون كثيرا خواص المماسات والاعدة في تحديد اشكال محيطات الخطوط والسطوح

ولنذكر اولا كيفية رسم المضلعات المنتظمة بواسطة مماسات الدائرة فنقول لنفرض مضلعا منتظما كضلع ا ر ث د ه ف الخ (شكل ٣) فحيث ان نقطة و هي مركز هذا المضلع ينبج وا = ور = و ث = و د الخ وكذلك ا ر = ر ث = ث د الخ فاذن تكون مثلثات ا و ر و ر و ث و ث و د متساوية فتكون اعمدة وا و ر و ب و و ث التنازلة من نقطة و على ا ر و ر ث و ث د الخ متساوية ايضا فاذن يكون مماس الدائرة المرسومة من نقطة و المعمولة

مركزا بواسطة نصف قطر $وا = وب = وث = ود = الخ$
 هو سائر اضلاع المضلع المذكور وهو $ا-ب-ث-د-ه-خ$
 ويقال ان كل شكل مضلع مثل $ا-ب-ث-د-ه-خ$ يكون مرسوما خارج
 دائرة $ا-ب-ث-د-ه-خ$ فنم كان كل شكل مضلع منتظم يقبل الرسم
 خارج الدائرة

ومن الجلي ان محيط الدائرة يكون اكبر من محيط كل شكل مضلع مرسوم
 في داخلها كمضلع $ا-ب-ث-د$ واصغر من محيط كل شكل مضلع مرسوم
 في خارجها كمضلع $ا-ب-ث-د$ وان سطح الدائرة يكون اكبر من سطح كل شكل
 مضلع مرسوم في خارجها

ولما اكثر المهندسون ضرب اضلاع الاشكال كثيرة الاضلاع سواء كانت
 خارج الدائرة قريبا ودخلها واخذوا نصف القطر وحدة قياس حسبوا دائرتين
 مختلفتين اقل من طول ممكن القياس معلوم بالآلات الهندسية وهذان
 الدائرتان احدهما اكبر من محيط الدائرة والاخر اصغر منه

وقد رأوا من هذا القبيل اشكالا كثيرة الاضلاع منتظمة سطح احدها اكبر من
 سطح الدائرة والاخر اصغر من سطحها ومغايرة لبعضها تغايرا اقل من القياس
 المعلوم قبل ذلك فلذلك تراههم يرمزون لمحيط الدائرة التي نصف قطرها يساوي
 وحدة القياس وكذلك لسطحها باعداد تقر يديده جدا

ويمكن استعمال هذه الطريقة في تحديد محيط مسافة منتهية وفي تحديد سطحها
 بأي نوع من الخطوط المنحنية

وهذه الطريقة الشهيرة تسمى عند المهندسين طريقة التحديد وبها يستعان
 في البرهنة على كثير من التقاويم والقواعد الرياضية التي جعلناها من قبيل
 الحدسيات القرينة من الحقائق اليقينية فاذا اريد تفصيل سطح كلوح من
 صفيح الحديد او من ورق المقوى بموجب محيط دائرة $ا-ب-ث-د$
 كما في (شكل ٣) نبتدئ برسم شكل مضلع خارج الدائرة بواسطة
 خطوط مماسة ثم نزيل بخاراة ومبرد او مقراض او اي آلة مستقيمة الخطوط

زوايا $ا و ب و ث و د$ فيحدث عن ذلك شكل مضلع اضلاعه
ضعف اضلاع الاول ويتفاوت قليلا عن محيط الدائرة فاذا استمر على ازالة
الزوايا بهذا الوجه حدث مضلع اضلاعه متعددة الا انها صغيرة بحيث لا يمكن
ادراك الزوايا به ولا رؤسها فعند ذلك يتم رسم الدائرة على احسن وجه

وفي عمل الابواب والشبابيك والقبوات الكاملة التقوس وغيرها يكون $أم$
 $و ث$ المستقيمان (شكل ٤ و ٥) منتصبين وعمودين على نصف
القطر الافقي وهو $ا و = و ث$ (شكل ٤) $= ا ث$
(شكل ٥) وبناء على ذلك يكون هذان المستقيمان مماسين للقبوات
المذكورة في نقطتي $ا و ث$

وفي قبوة $ا ب ث د$ المنكسة (شكل ٦) المصنوعة على هيئة اذن
الفعة ثلاثة اقواس دائرة وهي $ا ب و ب ث و ث د$ التي مراكزها
وهي $٢ و ٣ و ٤$ مرتبة على هذا الوجه وهو

اولا تكون نقطتا $و ٣ و ٤$ ونقطة $ب$ التي هي ملتقى قوسى $ا ب$
 $و ب ث$ خطا مستقيما وثانيا تكون نقطتا $و ٣ و ٤$ ونقطة $ث$
التي هي ملتقى قوسى $ب ث و ث د$ خطا مستقيما ايضا فاذا كان
خط $س ب ص$ عمودا على $و م ب$ وكان خط $ز ث ط$ عمودا
على $و د ث$ فان هذين الخطين يصيران معا خطين مماسين احدهما للقوسى
 $ا ب و ب ث$ في نقطة $ب$ وثانيهما للقوسى $ب ث و ث د$
في نقطة $ث$ وحيث ان هذه الاقواس المرسومة على هذا الوجه مماسها
واحد فلا يرى في نقطة تلاقيها نوع من الزوايا

واذا اريد تعويض خط منحني باقواس دائرة قريبة الشبه منه بقدر الامكان
بحيث يرى فيها اتصاله واستمراره فانه ينبغي ان تكون الاقواس المذكورة متصلة
بعضها ببعض يكون لهما مماس واحد في نقطة تلاقيها وسيأتى توضيح ذلك
في الدرس الآتى

(بيان المستويات المماسية للسطوح) *

لنصنع في سطح $ا غ ب$ الخ بالتوازي لمستومفروض (شكل ٧) عدة قطوع مستوية مثل $ا ب$ و $ث د$ و $ه ف$ فتأخذ هذه القطوع في التناقص كلما قربت من حدود السطح حتى ينتهي امرها الى أن تصل الى نقطة $غ$ التي تكون بمفردها على مستوى $م ن$ الموازي لجميع القطوع المذكورة

ولترسم على السطح المذكور عدة مخنيات مثل $ا غ ب$ و $ا غ -$ الخ مارة بنقطة $غ$ ونعتمد من هذه النقطة عدة مماسات للمخنيات المذكورة وحيث أنه يتعذر مرور خط مستقيم بين مماسين ومخنيين لزم أن تكون هذه المماسات موضوعة على مستوى $م ن$

فلذا كان المستوى المماس في نقطة $غ$ لسطح $ا غ ب$ مشتملا على جميع المستقيمات المماسية في نقطة $غ$ للمخنيات على اختلافها المرسومة من هذه النقطة على السطح المذكور ويلزم مع ذلك أن نستثنى النقط البسيطة كزأس المخروط وغير ذلك لكن هذه النقط هي دائما مستقيمت على السطوح أي لا يلتفت اليها

ولنمثل لذلك بالكرة فنقول تكون قطوع $ا ب$ و $ث د$ و $ه ف$ التوازية (شكل ٨) دوائر مراكزها $د$ و $و$ و $ز$ موضوعة على خط مستقيم وهو $و و$ الخ $غ$ عمودي على مستوى سائر الدوائر ومركز الكرة فإذا مددنا من نهاية نقطة $غ$ لهذا المستقيم مستوى $م ن$ موازيا للمستوى القطوع وعموديا على $و غ$ فإنه يصير مماسا للكرة

وبيان ذلك أن كل نقطة من هذا المستوى تكون أبعد عن المركز من نقطة $غ$ فتكون ضرورة خارج الكرة فإذا ن لا يمس المستوى المذكور الكرة إلا في نقطة $غ$ وكل مستو عمود من $غ$ و $غ$ يقطع الكرة في دائرة قطرها $غ و غ$ ومماسها في نقطة $غ$ عمود على $غ و غ$ والاعادة التي في نقطة $غ$ على مستقيم $غ و غ$ موضوعة في المستوى العمودي على الخط

المستقيم المذكور ومارة بنقطة $\overline{ع}$ فاذن يحتوى المستوى المماس وهو $\overline{م ن}$ على جميع مماسات دوائر انصاف النهار التى قطرها $\overline{ع و غ}$ وتظهر ذلك فى سهولة البرهنة عليه هو ان كل دائرة صغيرة مرسومة على الكرة من نقطة $\overline{ع}$ يكون مماسها فى هذه النقطة موضوعا ايضا على $\overline{م ن}$

وكل خط مستقيم مثل خط $\overline{ع و غ}$ (شكل ٨) عودى فى نقطة $\overline{ع}$ على المستوى المماس سواء كان فى السطوح او الخطوط يسمى بالخط العمودى

ولنطبق هذه المسائل الاولى على السطوح بانواعها التى تقدم ذكرها فى الدروس السابقة فنقول

(بيان المستوى المماس للاسطوانة)

لنفرض اسطوانة كاسطوانة $\overline{ا ب ث ا ر ث}$ (شكل ٩) المنتهية بقاعدتين موضوعتين فى مستويين متوازيين سائر خطوطهما المتقابله متوازية ايضا فاذا كان $\overline{ب ر}$ ضلعاقان مماسى $\overline{م ب ن}$ و $\overline{م ر د}$ للمخمين فى نقطتي $\overline{ب}$ و $\overline{ر}$ يكونان متوازيين ومن هذا القبيل كل خط مثل $\overline{م ر د}$ مماس للمخني $\overline{ا ر ث}$ الموازى للقاعدتين المذكورتين حيث ان نقطة $\overline{ر}$ موضوعة على ضلع $\overline{ب ر}$ ويحدث عن تسلسل مماسات $\overline{م ب ن}$ و $\overline{م ر د}$ و $\overline{م د ب}$ المتوازية التى تمر بضلع $\overline{ب ر}$ الذى هو خط مستقيم مستوي يكون مماسا لاسطوانة فى سائر امتداد الضلع المذكور

(بيان رسم المستويات بالاسطوانة)

قد يصنع الخباز الذى يدير ثنابته بالتواء جبل مستويا يكون مماسا بالتدريج لكل ضلع من اضلاع السطح الاسطوانى للثنابته وكذلك البستانجى فى عمل طرقات البستان وحياضه فانه يصل الى النتيجة المذكورة بتدوير الاسطوانة المسماة بالزحافة على تلك الطرقات والحياض

فكلما تمهدت الارض واستوت صارت مماسة للزحافة في امتداد الاضلاع المختلفة لهذا السطح

وقد يعلق العربات صانعيها بواسطة سيور من الجلد من كل جهة (شكل ١١) فتكون هذه السيور تابعة للآثر الاسفل الاسطواني من صندوق العربية وتمتد بحيث يكون سطحها الاعلا على هيئة سطح مماس لصندوق العربية فاذا اهتز الصندوق من الامام الى الخلف فانه اما ان يتقدم او يتأخر على المستوى المماس المذكور الذي لا يعتريه اهتزاز من احدى جهتيه دون الاخرى لكونه على حدسوا من الجانبين ومثل هذا الاهتزاز مفزع لكونه يحصل على حين غفلة في العربات الغير المعلقة

(بيان رسم الاسطوانة بالمستويات المماسية)

انذكر هنا الطريقة التي ذكرناها في الدرس الذي تكلمنا فيه على الاسطوانات من حيث تفصيل مجسم صلب يكون سطحه اسطوانيا فنقول نرسم القاعدة على طرفي قطعة من الخشب او الحجر رادفتحها على هيئة شكل اسطواني ثم نرسم شكلين متساويين من سويين خارج الدائرة على حاتين القاعدةتين وزيادة على ذلك تكون اضلاعهما المتقابلة متساوية ومتوازية ثم نمر بواحدة النشار او القارة او اى آلة صالحة لتفصيل السطوح بمستويات بين الاضلاع المتوازية من المضلعين المذكورين فيحدث عن ذلك منشور ذو اضلاع كثيرة من رسوم خارج الاسطوانة وذلك لان اوجبه المتنوعة تكون مماسة لسطح الاسطوانة فاذا ازلنا بالنشار او القارة او نحو ذلك اضلاع المنشور صنع مستويات جديدة مماسة للاسطوانة فكلما كثرت هذه المماسات اخذت المناشير المطلوب علمها في مماثلة الاسطوانة ومسابتها

(بيان المستويات المماسية للمخروط)

اذا اردنا ضلع ض ا ب ث على المخروط (شكل ١٢) فان جميع الخطوط المماسية في ققط ا و ب و ث لقطع المتوازية وهي ا ا و ب و ث تكون موازية لبعضها ويحدث عن جميع هذه

المماسات مستوى **ح ح م ن** المماس للخروط في جميع امتداد ضلع
ض ا ب ث

* (بيان اجراء العملية) *

يسوغ لنا بواسطة خاصية المخروط عند رسم كثير الاضلاع المرسوم خارج
القاعدة أن نرسم شكلا هرميا اوجبه مماسة للخروط في سائر طولها فاذا
اصلحنا على التوالي بالانتشار او القارة او نحوهما اضلاع شكل الهرم المذكور
لنعشقها بمستويات جديدة مماسة فان عدد اضلاعه يأخذ في الزيادة فيقتد
يكون رسم السطح الذي هو عبارة عن المخروط مضبوطا على الوجه المطلوب
(راجع الدرس العاشر)

* (بيان المستويات المماسية للسطوح المنتشرة) *

اعلم ان الخاصية الموجودة في المستوى المماس وهي كونه يمس الاسطوانة
والمخروط في جميع امتداد ضلع من اضلاعهما ثابتة ايضا للسطوح المنتشرة
على اختلاف انواعها ويمكن اعتبار هذه السطوح كأنها مصنوعة من عدة
اوجه صغيرة مخروطية ضيقة جدالها مثل اوجه المخروط مستو واحد مماس
لطول كل ضلع من اضلاعهما ويمكن مرور سطح منتشر بين منحنين مفروضين
بان نرسم خارج هذين المنحنين عدة اشكال مضلعة كالمستوى الذي يمر في آن
واحد بكل ضلع من اى مضلع كان فيكون هذا المستوى مماسا للسطح المنتشر
واذا استمر على اصلاح الاضلاع الحادثة من تلاقى هذه السطوح فان اضلاع
الاشكال المضلعة المرسومة خارج المنحنين والاوجه المستوية المماسية للسطح
المنتشر المراد تحصيله تزداد وتكثر

* (بيان الاسطوانات المماسية لبعضها على حسب اى ضلع كان) *

اذا وضعنا اسطوانتين قائمتين مستديرتين مثل **ا ب ث د و ب ث ه**
بجوار بعضهما (شكل ١٠) بحيث يكون محوراها متوازيين
وبمداهما يساوى مجموع انصاف اقطار قاعدتيهما فان هاتين الاسطوانتين
يتماسان في جميع امتداد ضلع **ب ث** وحيث يكون السطحين

مماس واحد في امتداد هذا الضلع ولنفرض الآن ان في كل من مقدم الاسطوانتين ومؤخرهما لوحا قويا اتجاها اعلاه هو عين اتجاها هذا المستوى فاذا وضعنا اللوح المعدني على احد اللوحين وجعلناه يمر بين الاسطوانتين اللتين على بعد واحد من بعضهما فان اللوح المعدني يمهّد بحيث يكون الوجهان المتوازيان مستويين مماسين فالوجه الاعلا يكون مماسا للاسطوانة العليا والوجه الاسفل يكون مماسا للاسطوانة السفلى وعلى ذلك تكون عملية جلق اللوح المعدني بواسطة الاسطوانات مبنية على خاصة المستويات المماسية للسطوح الاسطوانية

(بيان المخاريط والاسطوانات المماسية لبعضها في اى ضلع كان)

اذا كان لاسطوانة ك اسطوانة ا ب ث د ومخروط ك مخروط ا د ا (شكل ١٣) ضلع واحد مثل ا د ولهما في د مماس واحد وهو م خ فان المستوى الممتد من م خ ومن ضلع ا د يكون في آن واحد مماسا للمخروط وللأسطوانة في سائر امتداد ضلع ا د فاذن تكون الاسطوانة والمخروط المذكوران مماسين لبعضهما في سائر امتداد ضلع ا د

وقد يستعمل الحدادون والسمكريون والنحاسون الخاصة المذكورة في تقويس الواح النحاس والصفائح على هيئة اسطوانية فيضعون اللوح بحيث يكون اتجاها اضلاع الاسطوانة هو عين اتجاها ضلع السن المخروط من لبلاية السندال المرموز لها بحروف ا د ا ثم يقوسون ايضا بواسطة مطرقة طرفها مقعر على صورة اسطوانية اللوح في سائر طول الخط المستقيم الذي بموجبه يمر المخروط اللوح المطلوب تقويسه بذلك يتحققون من ان سطوح الواحهم اسطوانية وبهذه المثابة تكون صناعة السطح المخروطي وكل سطح منتشر بشرط الزيادة والنقصان في تقويس اللوح المعدني تدريجيا بقدر بعدد المطرقة على ضلع الالتحام وهو ا د من رأس ا او قرب به منه

* (بيان الاسطوانات المماسية والمكتسقة بسطوح اخر) *

اذا فرض ان خطا مستقيما موازيا دائما لاتجاهه الاصلي يأخذ في الامتداد وهو باق دائما على مماسة سطح مفروض فانه يحدث عنه اسطوانة تكون مماسة للسطح المفروض في جميع التسلسل الناتج عن نقط التماس الموجودة بين اضلاع الاسطوانة والسطح المذكور

* (بيان الاسطوانات التي تكشف الكرة) *

نفرض ان هناك كرة مثل ا - ب - ج (شكل ١٤) وان هناك خطا مستقيما مماسا دائما للكرة يتحرك وهو مواز لمحور عمود من مركز الكرة فيحدث من هذه الكيفية اسطوانة قائمة مستديرة تمس الكرة في جميع امتداد دائرة ا م ب الكبرى وبذلك يمكن تقدم الكرة في الاسطوانة او تأخرها بان تكون مماسة لها بلاقطاع في دائرة موازية لدائرة ا م ب وعودية على محور الاسطوانة

* (بيان اجراء عملية ذلك) *

للمخاصية التي ذكرت آفا مدخل عظيم في القنون فكلما وجه الانسان كرة بالنظر لمحور مستقيم مثل س و ص فانه يجعلها تتحرك في الاسطوانة المكتسقة بها وتتمسك في جميع جهاتها

وهذه هي القاعدة التي نشأ عنها شكل اسلحة النار كالبنندق والطبنجات والمدافع والابوس والاهوان التي صورة سطحها الداخلي كصورة الاسطوانة القائمة المستديرة واما الرصاص والكل والقنابر ووجه الابوس التي يراد احكام اتجاهاها فهي اكر تتبع عند رميها اتجاها محور الاسطوانات

* (بيان معيار الاكر) *

لاجل ان نتحقق اولاً ان الكلال ليست كبيرة القطر بحيث يمنع ذلك من دخولها في الآلة المعلقة لها وثانياً انم ليست صغيرة جدا بحيث لا يحصل معها اضطراب الرمي وتحريره تستعمل نظارات (شكل ١٥) ليست الاسطوانات مستقيمة مستديرة فاضلعها صغيرة جدا فيمسك الطيحي باحدى يديه قبض

النظارة وهو **أ ب** و **ا ر** ويدبر بالآخرى الكمال على سائر جهاتها لينظر هل يمكن ادخالها في النظارة المذكورة أم لا وهل في الصورة الثانية يكون بينها وبين النظارة فراغ أم لا وهذا هو المسمى بكيفية معرفة عيار الكلال

(بيان اجراء العملية في الظلال)

يشاهد في الكائنات كل وقت صورة على شكل السطوح الاسطوانية المصنوعة من الخطوط المستقيمة الموازية لبعضها المماسية لسطح واحد فاذا كان جسم محدّد بسطح منحن مضياً بالشمس وكان غير شفاف فانه يجب الضوء عما وراءه وتكون الاشعة الفاصلة بين الظل والجزء المضىء بالشمس هي ضرورة عين الاشعة التي تمس ذلك الجسم بدون ان يحجبها فهذه الاشعة المتوازية تكون مماسة لسطح الجسم فاذا يحدث عن مجموع النقاط التي تحدّد الظل المنعكس في الفراغ جسم اسطوانى جميع اضلاعه مماسة لذلك الجسم ويحدث ايضا عن مجموع نقط تماس سطح الجسم والاسطوانة التي تحدّد الظل المنعكس بهذا الجسم خط منحن وهو الخط الفاصل بين الظل والضوء على سطح الجسم المضىء

واذا اردنا أن نحدّد على مستو ما مع غاية الضبط ظل أى جسم كان فانه ينبغي انشاء الاسطوانات المصنوعة على هذه الكيفية بمماسات لسطح الجسم موازية لاتجاه اشعة الشمس المقروص ثم تحدّد تقاطع هذا السطح الاسطوانى بسطح الاجسام المنعكس على الظل وهذا مبحث مهم جدا للمعمريين والراسامين فاذا قدّمنا واخرنا الجسم المضىء موازيا لنفسه في اتجاه معين بأشعة الشمس فان كل نقطة من نقطه ترسم خطا مستقيما موازيا لهذه الاشعة فاذا تكون جميع نقط الجسم الموضوعة على الاسطوانة التي تحدّد الظل المنعكس على الجسم تابعة لاتجاه الاشعة المذكورة المماسية بلا انقطاع لسطح الجسم ولا تزال الاسطوانة تحدّد الظل المنعكس بالجسم وهذه الاسطوانة التي تحتاطد دائما بالجسم في سائر اوضاعه تسمى بالنسبة له سطحاً مكتفاً

فعلى ذلك تكون الاسطوانة القائمة هي السطح الذي يكتشف الكرة المتحركة على
خط مستقيم والباقية دائمة على قطر واحد وعليه فتكون خزنة المدفع والهون
سطحا يحيط بالفراغ المقطوع بالكلية

ويمكن ان يحفر في اي جسم سطح اسطوانى يكتشف الكرة التى نصف قطرها
لا يتغير ويكون مركزها متحركا على خط مستقيم كما يحصل ذلك عند ضرب
الرصاص في جسم لين غير سريع الانكسار

وبعكس ذلك يمكن أن نصنع كرة تبدو براسطوانة ماحول خط مستقيم عمودى
على محورها ومارة به وبحسب وضع الاسطوانة يكون محورها مماسا لآلة
كروية نصف النهار فيحدث عن اجتماع دوائر انصاف النهار نفس الكرة
المذكورة فاذا فرضنا ان دوائر انصاف النهار المذكورة مرسومة على القرب
من بعضها امكن ان نضع عوضا عن الاسطوانة المماسية اضلاع اسطوانية
منحصرة بين دائرتى نصف نهار متواليتين فيكون هذا من ماصدقات القاعدة
التقريرية التى ذكرناها فى الدرس الحادى عشر

وبالجملة فتعمل الطرق المذكورة اولا فى رسم سطوح على اى شكل اتفق
بسطوح آخرتها من جميع الجهات ويمكن تحريكها فى اتجاه مواز لاضلاع
الاسطوانة وثانيا فى رسم سطح مابوا سطة جلة اسطوانات تمس في كل
من اضلاعها

* (بيان اجراء العملية فى فن النجارة) *

اذا لزم للنجار ان ينظم اجزاء بارزة بالخراطة على حسب محيط مركب من جملة
خطوط منحنية فانه يأخذ قارة حديدية يكون على هيئة قطع شكل الخرافة
وخشبها منفصل على حسب سطح اسطوانى قاعدته القطع المذكور ثم يحرك
قارته ويجعلها مماسة دائما للمحيط الذى يتبعه الخراط فى هذه الحركة يصير
السطح الاسطوانى للقارة بالتوالى مماسا للخراطة المصنوعة فى سائر امتداد القطع
الناتج من حديد القارة وتكون الخرافة هي السطح المكتشف للاسطوانة التى
ينها خشب القارة

وقد ظهر لنا من السطوح المخروطية لمخروطات وتساخ متشابهة
فنقترض اننا قد من نقطة مفروضة مثل ض (شكل ١٦) على كرة و جميع
عماسات ض ا و ض ب و ض ث الخ الممكنة فيحدث لنا مخروط
قام مستدير عماس للكرة المذكورة في سائر امتداد دائرة ا ب ث د
المستعملة قاعدة للمخروط فاذا ادركنا دائرة ا ب ه الكبرى على محور
ض و الممتد من نقطة ض ومن مركز الكرة وهو و حدث عن
الدائرة المذكورة الكرة وعن عماسها و ه ا و ض ب المخروط
المذكور

فاذا تحرك مركز و على محور ض و مع ازدياد نصف قطر الكرة
او نقصانه بالنسبة الى بعده من نقطة ض فانه بالنظر لخاصية الاشكال
التشابهة تكون اضلاع ض ا و ض ب و ض ث الخ من
مخروط ض ا ب ث د عماسا للدائرة المتقدمة فاذا يكون هذا المخروط
محتويا على المسافة التي تقطعها الكرة المتحركة مركزها على خط مستقيم ويرداد
نصف قطرها او ينقص بالنسبة لبعده المراكز من نقطة ثابتة من نقط الخط
المستقيم المتقدم

واذا جعل محل الكرة سطح منحني حيثما اتفق امكن ان نرسم من كل نقطة
موضوعة خارج السطح المذكور جميع الخطوط المستقيمة التي تكون اضلاعا
للمخروط الذي يمس السطح المذكور في كل من اضلاعه فاذا كانت النقطة
المجعولة رأسا للمخروط نقطة مضيئة فان المخروط المصنوع على الوجه المتقدم
يبين خلف الجسم حدا للظل المنعكس بالجسم المذكور واذا رسمنا مع الدقة - ذ
الظل المنعكس بالجسم المتقدم على اى سطح كان لزم تعيين تقاطع هذا السطح
مع المخروط المحدد للظل الحادث من الجسم المنير

(بيان الكسوف)

اعلم انهم توصلوا بتطبيق هذه القاعدة على علم الهيئة الى تحديد شكل الكسوف
ومقداره ولنقترض ان القمر في مروره بين الارض والشمس يكاد يكون على

خط مستقيم فاذا فرضنا ان القمر والشمس كرتان فان اتري مخروطا قائما مستديرا
 محتويا على الكوكبين المذكورين وبعين في السماء حذ الظل المنعكس بالقمر
 وكلما كنت الارض تمامها خارج هذا المخروط المظل فان الشمس لا تنكشف
 بخلاف ما اذا دخل جزء منها في المخروط المذكور فان هذا الجزء يمنع عنه ضوء
 الشمس وتنكشف الشمس بالقمر وهذا هو المسمى بالكسوف واذا عيننا
 في كل لحظة من مدة الكسوف وضع كل من الكواكب الثلاثة على حدة
 وتقاطع سطح الارض مع المخروط المحتوى على الشمس والقمر فان هذا
 التقاطع بين على الارض مسافة ما ويلحق الاماكن التي في هذه المسافة
 الكسوف الكلي في الحالة المذكورة وبالجملة اذا رسمنا جميع التقاطعات
 المنروضة في الاوقات المختلفة التي يستغرقها كسوف واحد فان النقط التي
 تكون خارجة عن تلك التقاطعات المتنوعة لا يحصل لها الكسوف الكلي
 واما النقط الاخر فانه يحصل لها ذلك ويمكث مدة طويلة او قصيرة وبهذه
 الطريقة يؤخذ من الهندسة جميع الاحوال التي يحصل فيها كسوف الشمس
 وتعين بهامع السهولة الاحوال التي يخف فيها القمر

فاذا كان مخروط قائم مستديرا ينكشف سطح الارض والشمس معا فانه ان دخل
 القمر في المخروط المظل المنعكس بالارض حصل للقمر خسوف وان دخل
 القمر بتمامه في المخروط كان ذلك هو الخسوف الكلي واما اذا لم يدخل في ذلك
 المخروط الاجزاء من القمر فان ذلك يكون خسوفا جزئيا وفي هذه الصورة
 الاخيرة نعرف في اى زمن فرضناه شكل الكسوف ومقداره بتحديد تقاطع
 المحاريط المحيطة بالشمس والارض مع سطح القمر

واذا فرضنا جسما حيثما اتفق ومدنا عليه كامن في شان الشمس اشعة نظرية
 مماسة له فان هذه الاشعة تعين على هذا الجسم حذ النقط التي يمكن مشاهدتها
 وهذا ما يسمى بالمحيط الظاهري للجسم الذي فرضناه

وفي التصوير يرسم على سطح اللوح المحيطات الظاهرية لاي جسم كان وهذا
 هو تقاطع ذلك السطح مع سطح المخروط الذي اضلاعه مماسة للجسم المذكور

ورأسه موضوعة في مركز النظر فاذن تكون معرفة المخاريط المحيطة
بالاجسام لازمة لزوما ضروريا في تصوير الاجسام المنتهية بخطوط
مستقيمة

ومتي اضاغت كرة منيرة مثل وا - (شكل ١٩) على كرة اخرى مظلمة
مثل واب اممكن ان تصور اولا مخروطا مثل ض ا ا ب -
يكشف الكرتين معا ويرسم على كرة واب خط الاتصال الذي بين الظل
والتور ويمكن ايضا ان تصور مخروطا ثانيا مثل م د ط م ن موضوعا
بين الكرتين المذكورتين فتكون مسافة م ن المنصورة في هذا
المخروط الذي فوق الكرة الواقع عليها الضوء مشرقة على الكرة المنيرة بتمامها
غير انه لا يمكن ان نشاهد من كل نقطة من مسافة ا م ن ب الاجزاء
واحدة من الكرة المضيئة فاذن يكون هناك ظل جزئى ويسمى عند ارباب هذا
الفن بالاسم المذكور فاذا اريد رسم ظل عثة اجسام مع الدقة لزم ان نبين مع
غاية الاهتمام الظلال وما استضاء منها من الظلال الجزئية ويتوصل الى ذلك
بطرق تشبه الطرق التي ذكرناها آنفا

فلو لم يكن سطح ا و ر و ا و ب متشابهين لما يمكن ان المخروط الواحد
يحيط بهما معا على وجه التماس بل يكون سطحان منتشرا يمكن ردهما بان قرض
ان اى مستوي يمس التماسين المذكورين معا ويرسم مع التعاقب جميع
الاوراع الملايعة لذلك ونصل في كل وضع بالخط المستقيم النقطتين اللتين يكون
فيهما المستوى مماسا للسطحين فيحدث عن مجموع هذه الخطوط المستقيمة سطح
منتشر يكون فاصلا بين الظل والتور من الظلال واجزائها المستقيمة على
ما يقتضيه وضع الظل خارج الجسم المنير والجسم الواقع عليه الضوء او مروره
بينهما ولقد تأسفت على كون ما اودعته في هذا الكتاب المختصر من الحدود
والمبادئ يمنع من التطويل في الكلام على هذه الخواص المستحسنة المتعلقة
بالسطوح المنتشرة

واذا اريد تصنيف اى ثغرفاته ينبغي تصنيف خارجيه بحيث لا يمكن في مسافة

مرى المدفع ان ترى مع الاستقامة جسما من الاجسام العدة للرمية فوق
بسطة الحصون التي عليها المحاطون فتصور سطحاً منتظراً مما سالشاهق
الحصن ولرأس الارض التي تكشف الثغر بقدر مرمى المدفع وينبغي ان لا يقطع
السطح المنتشر بالكلية الارض التي فيها المحافظون ولا السطح المرتفع عن
الارض بقدر قامة الانسان المعتادة فاذا وفي بهذا الشرط فان داخل الثغر
يسمى سرداباً ومضيقاً ولهذا سميت القواعد الهندسية المستعملة للتوصل الى
هذه النتيجة بقواعد عمل المضيق

ويكثر استعمال المخاريط المكسقة في القنون لتحديد اشكال الاجسام فان صانع
القباقيب يستعمل نضلة مستقيمة حادة مشدودة من احد طرفيها بنقطة
ثابتة ومن الطرف الاخر لها قبضة يقبض عليها يده اليمنى ويحكم بيده
اليسرى وضع قطعة الخشب التي يريد صناعتها ثم يقطعها بالآلة المذكورة فينشأ
عن هذا القطع في كل مرة سطح مخروطي مماس للقباقب في جميع امتداد خط
منحن وينتج عن مجموع هذه الخطوط المنحنية المقطوعة بهذا الوجه عين سطح
القباقب وهو السطح الذي يكشف جميع المخاريط المرسومة بالآلة
المذكورة

واذا اراد الخراط صناعة جسم على صورة سطح دوران فانه يأخذ اولاً
آلة قليلة العرض ليصنع بها قطوعات كاد ان تصل الى محيط هذا السطح ثم يأخذ
مقراضاً مستوياً متسعاً ويجعله في اتجاه مماس للمحيط الذي يكون للسطح
المذكور فكما يضع المقراض في محل يرسم بواسطته مخروطاً ويحدث عن مجموع
هذه المخاريط المصنوعة بنقل الآلة قليلاً قليلاً واتجاهها عدة مناطق
مخروطية مماسة لسطح الدوران في سائر جهاته وتلك المناطق مظروفة
في المخاريط وناشئة عنها

وقد تكون جلب البراميل والصواري المجمعة مخاريط مماسة لسطوح الدوران
المستعملة في الصواري والبراميل

ومن الطرق المتنوعة المستعملة في رسم السطوح ما يزيد في استطلاة اي جهة

من الجهات وزياتها على اصلها قليلا او كثيرا تقل منفعتها او تكثر على حسب ما تقتضيه ضرورة نتائج الصناعة

ولنتكلم الآن على السطوح المكثفة التي يمكن صناعتها بثني بعض خطوط توصل بها السطوح المراد جعلها مكثفة فنقول

لنفرض خطا غير قابل للاستدائيل على محور اسطوانة او مخروط مستدير او غير ذلك من سطوح الدوران ولنفرض ايضا ان المطلوب ربط مركز اى كرة بهذا الخيط يكتنفها اسطوانة على وجه التماس او مخروط او غيره من سطوح الدوران ثم ثنى الخيط المذكور على حسب خط منحني فلا يكون السطح المكثف بالجميع الا كره على شكل اسطوانى ولا مخروطى ولا اى سطح دوران كان وانما يكون سطحا مركبا من جملة دوائر كل واحدة منها تكون مشتركة بين الاكر والسطح المكثف

ومتى انثنى محور الاسطوانة كان السطح المكثف مصنوعا من جملة دوائر مساوية للدائرة الكبرى من الاكر المتساوية التي كانت في مبداء الامر محاطة بالاسطوانة المذكورة ثم ان مستوى هذه الدوائر كلها عمودى على المنحنى الحادث عن المحور المنثنى ومركزها موضوع على هذا المحور

ثم ان اعوجاج الالمبق هو من قبيل السطوح المكثفة يتكون اولا من اثنا عشر محور الاسطوانة على حسب محيط شكل حلزوى اسطوانى وثانيا من غلاف جميع الاكر المتساوية التي مراكزها موضوعة على هذا المحور

وكذلك القبو المستديرة من السلام الدائرة المنعطفة تكون غلافا للاكر المتساوية التي مراكزها على محيط شكل حلزوى تكون درجه مساوية لدرج السلم

وعند برم الحبال ذات البتوت الثلاثة التي كل بت منها على حدة يكون ايضا البرم غلافا للمسافة المقطوعة بالدائرة التي مراكزها تابع للنقط الحلزوى المرسوم في وسط البت

ومن دور الحرير وغيره من الهوام ما هو متركب من حلقات قصيرة شكلها

اسطواني ومفاصله تنكش وتبسط على حسب ارادته وعندئذ تنفي هذه الهوام
يتراى ان جسدها لا يبقى على صورة واحدة ومع ذلك فلا بد ان يكون على صورة
سطح من السطوح التي نحن بصدددها

واذا نفي محورا لاسطوانة القائمة المستديرة على حسب دائرة انقلب الى سطح
دوران وهو السطح الخافي الذي تقدم ذكره في الدرس الحادي عشر وذكرنا
مسططيه وكيف رسمه

والسطوح المحيطة بكررة نصف قطرها واحد لا يتغير خاصية وهي انه اذا قطع
اجزاؤها كل على حدة بسطح مستو عمودي على المنحنى الذي هو محل مراكز
الأكبر حدث عن ذلك شيئا واحدا ان المستوي يكون من سائر جهاته عمودا
على الغلاف والثاني ان القطع يكون متحد القدر لانه هو الدائرة الكبرى للأكبر
المساوية

واذا اريد تسيير مقدار من الماء في قناة ذات قطوع مستديرة لزم ان يكون قطع
القناة واحدا من جميع جهاته اذا اريد سيره على حركة واحدة في جميع اتجاهه
بحيث لا يعتبرها اختناق ولا توقف في اى مكان كان وينبغي حينئذ ان يكون
سطح القناة المذكورة غلافا للكرة الى نصف قطرها ثابت وينبغي ايضا ان يكون
قطع القنوات المعدة لجريان المياه على شكل منحن او مضلع مسطحة ثابت
لا يتغير وكذلك ينبغي لاجل انتظام ذلك وسهولة العملية ابقاء القطع على شكل
واحد ما عدا الاماكن التي يتعذر فيها ذلك لوجود مانع لا يمكن ازالته

وسنذكر في الكلام على مراكز الثقل في الجلد الثاني (عند ذكر الآلات)
طريقة سهلة في تحديد حجم الاجسام والابعاد المحددة بسطوح القنوات التي
يحتاجها قريبا وانما ذكرناها طريقة مختصرة سهلة المأخذ مضبوطة كثيرة
الاستعمال في القنوات فتقول

قد يصنع الحداد والمرصاتي وصانع الزجاج وصانع القرفوري والحاس من
محصولات صنائعهم اشياء كثيرة على شكل سطوح القنوات فانهم يصنعون
اقلاما شبرا واسطوانات مصبغة او مجوفة ويجعلون لها نوع انعطاف وغرضهم

من ذلك ان تبقى الاجسام التي يتنوعها بهذه الكيفية على شكلها الثابت الذي عليه القطوع المعترضة

ومن هذا القبيل الذي نحن بصدده الازيميات والخلقات والاطواق المتخذة من الحديد والنحاس وغير ذلك وبريمات السدادات واليايات التي على شكل حلزوني والقصببات الملتفة لفاسنجيا والانايب وزجاجات البارومتر واوردة الاجسام البشرية

وقد ذكرنا في الكلام على تقاطع السطوح انه يمكن رسم السطوح المضاعفة الانحناء بالحلقات والخرجات الاسطوانية او المخروطية كجذع الاعمدة مثلا وانما ينشأ عن هذه الطريقة في السطوح القنوية خلل وهو ان جهة الطول تكون غير متصلة ببعضها وان القطوع في الجهة المعترضة تكون غير ثابتة وهذا الممدن يصنع فيها السمك كرية والنحاسون الصفائح المعدنية صناعة مخصوصة فيجعلون لها انحناء مضاعفا ويثقبون قطعها على انتظامه واستمراره في جميع اجزائه وسمك كرية مديسة ليون في هذا المعنى امهر من سمك كرية مدينة باريس

ثم ان مهندسي القساطر والجسور لهم في رسم الاجزاء المنحنية من قنواتهم قواعد هندسية مخصوصة والقصد منها ابقاء التقاطع على شكله الثابت وجعل صورة الاشياء التي يرسمونها عودية من جميع الجهات على سطح القناة وعوضا عن ان تفرض ان سطح الجسم الثابت يقطع بعض مسافات يطلب البحث عن غلافها تفرض ان السطح المتحرك يتغير مقداره بدون تغير شكله والاسهل في ذلك الكرة التي تكلفنا علميا في (شكل ١٦) لان نصف قطرها يتغير بخلاف مركزها فانه يقطع خطا مستقيما وقد تقدم لنا ان الغلاف هو سطح دوران وان كل كرة يمحيط بها سطح الدوران المذكور على حسب اي دائرة لان هذه الدائرة متوازية ويحدث عن تعدد الدوائر المتوازية سطح الدوران

وانفرض الان ان مراكز هذه الاكر ثابتة على محور سطح الدوران فنتني هذا

المحور على حسب خط منحني اياما كان فيختلف عظم الغلاف الذي حدث
في الاكر باختلاف نفس الاكر المذكورة الانه عيس ويحيط دائما كل كرة على
حسب الدائرة وفي الكائنات كثير من نوع هذه السطوح

فان الثعبان اذا امتد على الاستقامة كان شكله سطح دوران شديدا بسطح
المحروط الممتد وكلما تاني عرض لسطح جسمه شكل جديد ومع ذلك فيحدث
عنه دائما غلاف جله من الاكر التي يمكن للانسان ان يتصور انها محاطة على
وجه التماس بسطح جلده

ولما كان شكل الثعبان له اثنا عشر وتعريجات قلده ارباب الفنون حيث
جعلوا على شكله آلة المويستي التي تسمى بالسريان (شكل ١٧) والنفير
(شكل ١٨) ونفير الصيد (شكل ٢١) وبريمات السدادات وغيرها
فاذا فرض ان الثعبان ينثني على شكل حلزوني بحيث يكون ذنبه مركزا
كما في (شكل ٢٠) كان سطح جلده مشابها لسطح كثير من الصدف على
اختلاف انواعه

ثم ان اغلب اطراف قرون الحيوانات على شكل سطح من السطوح المذكورة
(شكل ٢٢)

وقد جعل ارباب الفنون على شكلها جله من آلات المويستي كثيرا الجيوش
الخفيفة فان سطحه من هذا النوع وكذلك بوق انعكاس الصوت فانه ايضا على
هذا الشكل

ولاجل صناعة آلات الالحان التي نغماتها جامعة بين الدقة واللطافة يلزم
ان يكون سطحها المنحني ممتدا ومتناسقا عليه فيجب ان ينتخب لصناعتها طرق
تبقى هذا التماس في جهة الطول التي بموجبها يدفع الهواء في الآلة وفي الجهة
المعتزلة التي يكون القطع فيها دائما مستديرا

وقد تستعمل الطرق المتسوعة التي ذكرناها في عمل جله من السطوح لمعرفة
صحيح الطرق المستعملة عند صناعت الآلات السابقة من فاسدها وتبديلها
في الغالب بطرق اخر اصح واضبط منها

* (بيان اجراء عملية الصقل والجلي وغير ذلك) *

لا يكفي ان تقتصر في الفنون على ان تحصل بواسطة الطرق البديعة صحة الاشكال سواء بلغت الغاية اولابل ينبغي ان السطوح المصنوعة بهذه الطرق ولو كان الغرض منها مجرد سرور الناظر تكون متناسقة مصقولة بحيث يكون انتظام ذلك وروقه مستلزما لزيادة قيمة محصولات الصناعة ومن ثم ظهرت العمليات الاخيرة المستعملة في جلة من الفنون للصقل والجلي وغير ذلك ولهذه العمليات عند اجرائها حركات يرسم فيها الجسم الصاقل سطوحا مماسة للجسم المراد صقله بحيث يكون الجسم الاخير غلافا للمساكنات المقطوعة بالجسم الاول

واذا اقتضى الحال جلاء مسورة بندقة فالتناضع قطعة خشب مستوية جيدة الصقل مماسة للمحروط الناقص الذي هو عبارة عن ظاهر البندقة ونسيرها على حسب اتجاه اول ضلع من المخروط فتكون حينئذ المسافة المقطوعة هي المستوى المماس للمحروط وتكرر هذه العملية في سائر اضلاع المخروط يكون ذلك المخروط غلافا لجميع المستويات المماسية فاذن يتم جلاء البندقة

ولاجل صقل الكرة نضعها في اسطوانة بحيث يمكن تقديمها وتأخيرها وتقليلها على سائر جهاتها ولا مانع من وضعها على دولاب يمر محوره بمركزها ثم نديرها تحت آلة صقل مستوية فوضع تدريجيا في مواضع مختلفة مماسة لهذا السطح فهذه الكيفية نصقل الكرة بواسطة المخاريط التي غلافها تلك الكرة

وتصقل المرأة الكبيرة بمسحها بسطوح يكون مستويا المماس في جميع اوضاعها هو المستوى المراد صقله ومن هذا القبيل انواع الزجاج المستوية والكرورية المستعملة عند صنع آلات النظر في عمل آلاتهم

واذا سمح نجار السفن واصلح بقدمه جانب السفينة فانه يزيل كل ما ضرب بهذه الالة الخشب الزائد على حسب شكل سطح دوران مماس للسطح المراد تصليحه اعني سطح السفينة المصقول ويكون هذا السطح في الحقيقة غلافا لسطوح الدوران الحادثة من ضرب القدم

واعلم ان ما ذكرته لك وان كان موجرا مختصرا جدا الا انه يكفي ارباب الفنون ان يستنبطوا منه ان الاشكال الهندسية التي تميز الخطوط من السطوح يطبق عليها بدون واسطة العمليات المتنوعة المهمة في اغلب الفنون وانه لعدم التفاتنا الى اشكال المحصولات الطبيعية والصناعية لم نشاهد فيها الاشكال الهندسية وخواصها وطرق الرسم واجراء العملية التي تنتج عن هذه الخواص التي لا تحلوعن مدلول

ومنى التفات الصانع بالكلية الى تلك الفائدة الناشئة عن النظر في صور الاجسام تفرع لمعرفة ما ودأوم على تذكارها بحيث لا يمكن تركها او اهمالها فعند ذلك يعتنى بالبحث عن محصولات صنعتها كاعتنى الطبيعي بالاشياء الطبيعية وما احتوت عليه ويلتفت اليها التفاتا كلياً فيعرف النسبة بين ما عرض عليه من الاشياء الجديدة وبين ما مثلها من الاشياء المعروفة عنده من قبل ويعرف ايضا ما بينهما من الاختلاف الذي يعينه على التمييز بين انواعها وافرادها وهذا التفرغ والالتفات ليس مقصودا على مجرد ميل النفس وتوابعها بذلك بل يترتب عليه نتائج مهمة جدا تكمل بها الصناعة ويمكس الاخبار بوقوعها قبل اوانها

ولا يمكن الوصول في اي فن من الفنون الى غاية الكمال الا بالمدامة على ممارسة قواعد الرسم الهندسي الصحيحة فعلى ارباب الصنائع ان يبذلوا جهدهم في معرفة طرق الرسم المدينة في كتب الهندسة الوصفية فيصلون بها الى معرفة براهين الخواص المفيدة التي لم تعرض في كتابي هذا الا ذكر روس مسائلها وهل ينكر انه لو لم تنتشر معرفة الهندسة الوصفية ورسم الخطوط في فروعها الا فرج وورثهم لبقيت هوائهم على طائها الاصلية ولم تنسج دائرتها ولم تصل الى هذه الدرجة التي هي عليها الان

* (الدرس الخامس عشر) *

في بيان اتخاذه الخطوط والسطوح

اذ افترض اننا سير على خط منحنى ناظرين دائماً الى اتجاه الخط المماس لهذا

المنحني بالنظر للنقطة التي يكون فيها الانسان فانه لا يكتفي ان تستر على السير الى جهة الامام بل يلزم الانعطاف في كل وقت جهة الخط الداخلي من الخط الواقع عليه السير فاذن يكون انحناء هذا الخط مناسبا للمقدار الانعطاف المنقسم في كل مسافة صغيرة تم عبورها

واذا سرناعلى الدائرة لاجل قطع اقواس متساوية فانه ينبغي الانعطاف بمقادير متساوية فاذن يكون انحناء الدائرة على حالة واحدة في جميع اجزائها

واذا سرن بالتوالي حول دائرتين غير متساويتين (شكل ١) وكان نصف قطرهما r و R كان r 14 و R 3×2 هو مساحة محيط الدائرة الكبرى وكان r 14 و R 3×2 هو مساحة محيط الدائرة الصغرى الا انه اذا قطعنا دائرتيهما وسرنا دائرتيهما حول محيطها فان مقدار الدور يكون 360° فاذن تكون النسبة بين انحنائى θ و ϕ للدائرتين

$$\text{كنسبة } \frac{360^\circ}{2 \times 14} : \frac{360^\circ}{2 \times 3} \text{ او } :: \frac{1}{r} : \frac{1}{R}$$

فاذا كان محيط الدائرة الصغرى (شكل ١) هو اكبر انحناء من محيط الدائرة الكبرى بالنسبة المنعكسة بين نصف القطر الاصغر ونصف القطر الاكبر فاذن تكون النسبة بين انحنائى الدائرتين كنسبة نصفي قطريهما المنعكسة فمن ثم كان كلما كبر نصف القطر صغر انحناء الدائرة حتى يصير غير محسوس * (بيان اجراء العملية في انحناء الارض) *

حيث ان نصف قطر الارض يزيد على ستة ملايين من الامتار كانت دائرتيهما الكبرى اقل في الانحناء بنحو مليون من دائرة نصف قطرها ستة امتار وتكون ايضا اقل بنحو ستة ملايين من دائرة كعجلة عربة فلذا ترى انحناءها غير محسوس في المسافات الصغيرة ولا يمكن ادراكه الا في البحار والسهول الواسعة

ثم اذا معرفة انحناء الارض يتوصل بها لقياس ارتفاع الجبال والسواحل على وجه التقريب اذا علمت المسافة بين هذه الاماكن والنقطة التي يكون فيها الراصد

ولنفرض مثلا ان AB هو نصف قطر الارض وان CD (شكل ٢)

هو الجبل الذي رأسه $هـ$ ونغيب عن عين الراصد المنتقل منها إلى نقطة $ب$
 حتى علمنا مسافة $ب$ $ث$ بمدة نصف قطر $ا$ $ث$ $د$ امكن معرفة قياس
 مسافة $ث$ $د$ فاذا كانت زاوية $ا$ $ب$ $ث$ صغيرة جدا كل قوس
 $ب$ $ث$ مساويا على وجه التقريب الكلى للعمود النازل من نقطة $ب$
 على $ا$ $د$ وينتج هذا تناسب وهو

$$ا ب : ب ث :: ب ث : ث د$$

اعني ان نسبة نصف قطر الأرض إلى مسافة $ب$ $ث$ التي بين الجبل
 والنقطة التي فيها الراصد كنسبة هذه المسافة إلى ارتفاع $ث$ $د$ من الجبل
 وبناء على ذلك يكون $ث$ $د$ = $ب$ $ث$

ومتي عرف البحارة بطريقة على عكس الطريقة السابقة ارتفاع $ث$ $د$
 الذي هو ارتفاع صار من صواري السفينة أو أي جزء منها عرفوا مسافة
 $ب$ $ث$ التي بينهم وبين هذه السفينة ومثل ذلك مهم جدا في مدة الحرب
 فقد ذكرنا اننا ان نصف قطر الدائرة هو مقياس المنحناء محيطها ونذكر هنا
 انه يستعمل ايضا لقياس المنحناء الخطوط المنحنية فان قياسه بواسطة الخطوط
 المستقيمة من ابداع المحترعات الهندسية لما في ذلك من الايجاز في العمليات الخاصة
 بالانحناء فتقول

اذا فرض ان خطا منحنيا كخط $ا ا ا ز$ (شكل ٣) هو المراد معرفة
 انحنائه فالتناؤاخذ نقطة المتجاوزة جدا ثلاثا ثلاثا ثم نرسم من ثلاث نقط
 متوالية مثل $ا$ $و$ $ا$ دائرة $ا ب$ $ث$ التي يكون انحناءها
 كالمنحناء خط $ا ز$ المنحني في قوس $ا ا ا$ الصغير ويمكن اجراء هذه
 العملية في أي نقطة كانت ولتين بهذه الطريقة الدوائر التي يكون انحناءها
 كالمنحناء الخط المنحني في سائر نقطها وانصاف اقطارها فتقول

كل دائرة مثل $ا ب$ $ث$ كان انحناءها في نقطة $ا$ كالمنحناء خط $ا ز$
 تسمى دائرة مماسة تقريبا من هذا الخط المنحني ونصف قطرها هو نصف قطر

الانحناء ومركزها مركزه

وحيث ان نصف القطر $عود$ على محيط الدائرة في نقطة $أ$ وليس هنالك فرق بين محيطها في نقطة $أ$ و $أ$ و $أ$ ومحيط المنحنى فانه ينتج من ذلك ان نصف قطر الانحناء $عود$ على المنحنى وانه مقياس الانحناء

ولنفرض اننا مددنا من قط مختلفه كنقط $أ$ و $أ$ و $أ$ (شكل ٤) الشديدة القرب من بعضها خطوطا عمودية على منحنى $أز$ واخذنا طولاً كطول $أو$ لنصف قطر الانحناء في نقطة $أ$ وطولاً آخر كطول $أو$ لنصف قطر المنحنى في نقطة $أ$ وطولاً ثالثاً كطول $أو$ لنصف قطر الانحناء في نقطة $أ$ وهكذا حيث ان تقطى $أ$ و $أ$ على قوس الدائرة التي مركزها نقطة $و$ ينتج ان $وا = وَا$ ولذلك ينتج ايضا ان $وَا = وَا$ وان $وَا = وَا$ وهم جرا

واذا ابتدأنا في نقطة $أ$ التي هي نهاية خط غير قابل للامتداد وشدنا هذا الخيط على حسب اتجاه $أو$ وعلى حسب المحيط المفروض بنقط $و$ و $و$ و $و$ الخ التي هي مراكز انحناء $أز$ ثم قربنا نقطة $أ$ بشدة الخيط المذكور من غير ان يتجاوز طول $وَو$ وهم جرافان جزء الخيط وهو $أو$ يرسم قوس دائرة صغيرا مثل $أأ$ يكون بنهاية على منحنى $أز$ حيث ان مركزه هو مركز الانحناء وهو $و$ من خط $أز$ واوله من نقطة $أ$

فاذا وصل هذا الخيط الى نقطة $أ$ صار مشدودا شد استقياما من $أ$ الى $و$ واذا قدمنا نقطة $أ$ لتزمن $أ$ الى $أ$ فان الخيط المشدود شد استقياما من $و$ يرسم قوس دائرة مثل $أأ$ يكون مركزه نقطة $و$ فاذا مررت ايضا نقطة مثل $أ$ من $أ$ الى $أ$ فانها ترسم قوس $أأ$ يكون مركزه في نقطة $و$ وهكذا

فعلى ذلك اذا عرفنا جهة تقط شديدة القرب من بعضها كنقط $و$ و $و$ و $و$ الخ التي هي مراكز انحناء خط $أز$ فانه يمكن ان نرسم بالسهولة منحنى $أز$

رفعه وتزليه فنقول

لاجل ذلك نضع عمودا اسطوانيا اقويا مثل θ يس على وجه التماس مبيتة بارزة مثل δ اسفلها على صورة خط مستقيم متصل بمركز العمود عند نزول المدق الى نقطته السفلى (شكل ٦)

ونعين على محيط العمود قوس ω ح χ ز من خط الانتشار لمحيط $\omega\omega\omega$ للدائرة المستعملة قاعدة للعمود

فاذا دار هذا العمود فان نقطة ω تصل من مبداء الامر الى الوضع الذي كانت تشغله نقطة ω وفي هذه الصورة يكون مماس ω ح من الدائرة قائما (شكل ٧) فاذن ينبغي ان مبيتة δ التي تجذب معها المدق ترتفع ارتفاعا مساويا لارتفاع ω ح فاذا استمر العمود على دورانه فان نقطة ω تصل لموضع ω الاصلي وحينئذ ترتفع المبيتة والمدق ارتفاعا يساوي ω ح وبالجمله فباستمرار العمود على الدوران تصل نقطة ω للموضع الاصلي من نقطة ω (شكل ٨) وبصير ω قائما فاذا انعدم ما يحجز المبيتة انقطع دفعها للمدق عن السقوط لثقله فتقطع حركته حتى ينتهي دوران العجلة ثم ترتفع المدق ثانيا

وقائدة هذه الحركة كونها تحصل بدون اضطراب وتستمر على قوتها كما سيأتي في الميكانيكة وقد ذكرنا في الدرس الثالث عشر على المنحنى المسعى بالقطع الناقص الذي له مدخلية كبيرة في العمليات وحيث ان هذا المنحنى وهو α ب ث (شكل ٩) تماثل المحورين فان خط انتشاره وهو δ ه ف يكون ايضا تماثلا بالنسبة للمحورين المذكورين ثم ان اكبر انحناء القطع الناقص يكون في نهاية محوره الاكبر واصغر انحناءه يكون في نهاية محوره الاصغر

واذا اردنا رسم قطع ناقص كبير (شكل ٩) يكون ممتدا ومتواصلا يمكن ان نرسم الخط المنتشر وهو δ ه ف ونرسم ايضا α ب ث بواسطة خيط اياما كان او بشاقول بنثني تارة على حسب δ ه وتارة على حسب

هـ ف

ومن المهم ان نذكر لك انه ولورسمنامع منتشر **هـ د** ف شكلا مضلعا اى
 عدة خطوط ينشأ عنها عدة زوايا فان المنحنى **ا ب ث** لا يرى في سائر
 جهاته جزء مستقيم ولا زاوية وانما يكون له شعبتان لا يوجدان في خط
هـ د ف ويكون للمنحنى الذى خط انتشاره **ا ب ث** اتصال اكبر من
 المنحنى المذكور لان انصاف اقطار انحنائه تزيد وتقص على التدرج
 ولوتعاقت انصاف اقطار منحنى **ا ب ث** بدون اتصال كما في رسم المنحنى
 سمى باذن القفة راجع الدرس الرابع (شكل ٣٦)
 فن هنا تعلم ان الاتصال على انواع مختلفة لا بأس بايرادها هنا فتقول

اولا يمكن رسم خط منحنى (شكل ١٠) بواسطة عدة تقط منفردة قريبة من
 بعضها جدا كالخطوط المنقطعة التى تستعمل في الرسم وكالاتجاهات المعينة
 بصفوف اشجار مغروسة على ابعاد مختلفة الطول بموجب الخطوط المستقيمة
 او المنحنية التى يتصورها الانسان مع السهولة اذا كان لهذه الخطوط المنحنية نوع
 اتصال غير ان الاتصال هنا يدل عليه عدة قطع كما يرزى اليه بالارقام في الجداول
 التى يعرف بها وضع جملة تقط خط منحنى ومثال ذلك رسم قارب السفن
 ثانيا يمكن ان ترسم خطا منحنيا بواسطة عدة خطوط مستقيمة تكون او تارة
 لهذا المنحنى مثل **ا ا ا** و **ا ا ا** الخ (شكل ١١) او خطوطا
 مماسة مثل **ا ا ا** الخ (شكل ١٢) وفي هذه الصورة الثانية يكون
 في تعاقب النقاط اتصال لا يوجد في الاتجاه بحيث يتغير الاتجاه في كل

رأس مثل **ا** و **ا** و **ا** من الشكل المضلع تغيرا غير محسوس
 ثالثا يمكن ان تبديل الخط المنحنى بعدة اقواس دوائر كما قواس **ا ا** و **ا ا** و **ا ا**
 (شكل ٤) التى نصف قطر انحنائها يكون تقريبا عين نصف قطر الخط الذى
 ابدل تلك الاقواس وفي هذه الصورة يكون في تعاقب النقاط وفي اتجاهها
 اتصال فاذا كانت الاقواس صغيرة جدا كان الاتصال في اتجاه الخط المنحنى
 وفي انحنائه وعلى هذا الوجه يرسم المعمارية الصورة الجانبية من القبوات

المنكسة كما تقدم وكذلك مهندسو القناطر والجسور في رسمهم لعيون القناطر الغير المستديرة

ثم ان الفنون بحسب اهمية عملياتها وما يلزم لها من الضبط الذي عليه مدار نجاحها لابد فيها من استعمال هذا الاتصال على اختلاف درجاته في تركيبها وحركاتها فلي تظار المعامل والكرخانات ان يختاروا بحسب اللزوم والاقتضاء الطريقة الجامعة لشروط السهولة والاختصار والضبط التام

ولابأس بذكر طريقة ميكانيكية يستعملها مهندسو السفن اذا ارادوا تجسيم اتصال الانحاء والانحناء من الخطوط التي بواسطة يحددون ويعمرون شكل قارين السفن وحاصلها انهم يعينون النقط المنقردة التي يمر بها الخط المنحني ثم يضعون المسامير من جهتي النقط المذكورة على بعد بحيث يمكن ثني المسطرة الرقيقة ووضعها بين المسامير المزودة وبالجملة فينبغي ان ترسم بقلم الرصاص الخط المنحني المبين بطول المسطرة المثنية بحيث يمر بسائر النقط التي هي 1 و 2 و 3 الخ (شكل ١٣) ولابد من ممارسة هذه العملية مرارا عديدة قبل اجرائها ليكون رسم الانحناء الخط من اوله الى آخره على وجه تدريجي غير محسوس بحيث يرى فيه قدر الاتصال الذي يعين على اضعاف المقاومة التي تحصل للمياه عند مرورها بطول القارين وقت سير السفينة فعلى مهندس السفن ان يراعوا الاشكال الهندسية فان لهم فيها فائدة عظيمة توصلهم الى هذا الغرض وتكسبهم اصاله الراى وسرعة التمييز

ولا يلحق الا ان تستعمل طريقة رسم الصور الكبيرة في رسم الصور الصغيرة المنقولة على الورق بل تبدلت المساطر الكبيرة المتخذة من الخشب بمساطر صغيرة متخذة من رياش القبطس منها ما يكون سمكة واحد ويستعمل في رسم الخطوط المنحنية التي انحناءها لا يتغير الا بمقدار قليل ومنها ما هو مرقق شياً فسياً في احد طرفيه او الطرفين جميعاً ويستعمل في رسم اجزاء الخط المنحني الذي يتقص انحناءه كذلك شياً فسياً من طرف الى آخر ثم تنى هذه المساطر بحيث يمر محيطها بالنقط المعينة على المستوى لما انها نقط المنحني المطلوب الذي يرسم بقلم

رماس بسند على المسطرة المنتهية على شكل خط منحني ولاجل سهولة
الرسم على الورق ابدلوا ايضا ماسير رسم الصور الكبيرة الشبيهة بالصور التي
يرسمها مهندسو السفن في عنابر الجبريات وهي محيط القارين المنتصب بقطع
رماس مصنوعة على شكل المثلث ومستورة بالورق او القماش كقطع ح
و ح و خ الخ (شكل ١٤)

ويستعمل غالباً الرسامون في رسم خطوط منحنية تمر بنقط معلومة آله يسمونها
طبخية لانها على شكلها الرموز له بهذه الحروف وهي **ا ب ث د ه**
(شكل ١٥) ولما كانت هذه الآلة متنوعة الانحناء امكن ان تضعها
في اغلب الصور بحيث ترسم بالتدريج شكلاً مجرداً عن الزوايا يكون انحناءه
متوايلاً دون أن يكون فيه خروج

والى الآن لم نتكلم الا على انحناء الخطوط المرسومة في مستو واحد كالخطوط
التي تسمى بذات الانحناء المفرد ولكن هناك خطوط لا يمكن رسمها على مستو
واحد لازدواج انحنائها كالخطوط الحلزونية المرسومة على الاسطوانات
والخاريط ونحو ذلك ولنتكلم عليها نقول

اذا اريد رسم الخطوط ذات الانحناء المزدوج كذات الانحناء المفرد فلا مانع
ان تأخذ دائماً النقط المتتالية بدون فاصل التي تتركب منها الخطوط المذكورة
ثلاثاً ثلثاً ثم تأخذ آترة من كل ثلاث نقط تكون هذه الدائرة هي دائرة المنحنى
المماسة التقريبية لساير امتداد المسافة الصغيرة المنحصرة بين النقط الثلاثة واذا
اطلق السطح المماس التقريبي فالمراد به سطح الدائرة المماسة التقريبية ولا يمكن
ان تكون دائرة اخرى اقرب من ذلك الى المنحنى المزدوج الانحناء وذلك من مبدء
المسافة المعتبرة * وبواسطة طريقة المستويات والدوائر المماسة التقريبية
يمكن لارباب الفن ان يرسموا باجتماع عدة اقواس دائرية متعادلة على
وجه التماس ساير الخطوط المزدوجة الانحناء ويكون هذا الرسم على وجه
التقريب والاتصال التام

وهناك ملحوظات لطيفة جيدة في شأن انحناء الخطوط السابقة غير انها ليست

من المبادئ وأصولاً كـ ثم مدخيلتها في عمليات الصناعة العادية فلا وجه لبرادها

وأما انحناء السطوح فهو بعكس ذلك اعني انه متواتر جداً لا يستغنى عنه في عمليات الصناعة

* (بيان انحناء الكرة) *

الكرة هي سطح يسهل قياس انحنائه وبيانها * وذلك بان تأخذ على الكرة نقطة ما كنقطة A (شكل ١٦) ونمذ من نقطة O المقبرة مركزاً نصف قطر OA فيكون نصف القطر المذ كور قياس الانحناء في نقطة A لسائر القطاعات الحادثة في الكرة عن مستوي يشتمل على نصف قطر OA ويكون ايضا قياس الانحناء الكرة وهو كما ترى انحناء ثابت في سائر جهات السطح وفي جميع نقطته فمن ثم ينتج ان كل نصف قطر كرة يكون نصف قطر انحنائها ونصف قطر القطاعات الحادثة عن مستوي يشتمل على نصف القطر المذ كور

ونصف قطر انحناء الاسطوانة القائمة المستديرة بالنظر لقاعدتها هو عين نصف قطر الكرة التي يكتنفها تلك الاسطوانة او عسها بحجب محيط قاعدتها وأما بالنظر لضعها وهو AB (شكل ١٧) فلا انحناء لها اصلاً بحيث اذا مثل عن طول نصف قطر الدائرة المماسية التقريبية للأسطوانة بالنظر لضعها يجاب بأنه غير متناه

ومن هذا القبيل المخروط القائم المستدير فان نصف قطر انحنائه من جهة قاعدته هو نصف قطر الكرة التي يكتنفها بخلافه من جهة ضلعه فانه لا انحناء فيه

وبالجملة فبأني الاسطوانات والمخاريط على اختلاف انواعها وكذلك جميع السطوح المنتشرة ليس لها انحناء من جهة اضلاعها المستقيمة الزوايا بخلاف جهتها العمودية فلها انحناء متفاوت في الظهور

ويظهر لك من الاسطوانات والمخاريط ان مركز انحناء القطاعات الحادثة بواسطة نصف قطر OA من القاعدة (شكل ١٧ و ١٨) يكون في داخل

السطح المنحنى فعلى ذلك تكون انصاف اقطار $او و$ $او و$ $او و$ الخ
متجهية في جهة واحدة وموازية لبعضها في امتداد ضلع $ا ا ا$ الخ $ب$
من السطوح المخروطية والاسطوانية

ولست السطوح المعوجة من هذا القبيل * مثلاً اذا نظرت الى السطح المعوج
من السلم رأيت فيه من جهة تجويف الانحناء الى اسفل ومن اخرى اعنى
الجهة العمودية الى اعلى

فان ما يوجد في حلق طارة البكرة (شكل ١٩) من الانحناء القليل تراه
متجهياً في الجهة العمودية على محور الطارة ويكون مركز ذلك الانحناء موضوعاً
على نفس هذا المحور بخلاف ما في الجهة الموازية للمحور فان المركز العظيم
الانحناء من حلق الطارة يكون في نقطة $د$ التي على بعد واحد من تقطعي
 $م و ح$ اللتين هما طرف حلق الطارة المذكورة

فن هنا طهران السطوح بالنظر لانحنائها على ثلاثة انواع
ففي النوع الاول يكون اتجاه الانحناء الخطوط التي يمكن رسمها على اى سطح كان
متجهياً في جهة واحدة ويدخل تحت هذا النوع الكرة والجسمات الناقصة
والسطوح البيضاوية وما شبه ذلك

وليس في النوع الثاني الاجهة واحدة وانحناءها ظاهر واما الجهة الاخرى فهي
خالية عن الانحناء بالكلية ولا يدخل تحت هذا النوع الا السطوح المنتشرة
والاسطوانية والمخروطية وما شبهها

ويوجد في النوع الثالث جزؤ من الانحناء متجه في جهة والجزء الاخر في الجهة
المقابلة لها بحيث اذا مددنا من نقطة معلومة من السطح خطاً عمودياً على السطح
المذكور فانه يوجد على الخط العمودي المذكور من احدى جهتي السطح جزء
من مراكز انحناء القطاع والجزء الاخر يوجد من الجهة الاخرى

وهذه الانواع المذكورة توجد في ظاهراً الجسم البشري على اختلاف شكل
اجزائه فمن النوع الاول اشكال اطراف البارزة عن البدن كالعقب والرضفة
والركبة والكتف واطراف الاصابع فان لكل منها انحناءين متجهين

في جهة واحدة

واما الفخذ والساق والذراع فمماجزء لا انحناء له في احدى جهاته فهو من النوع الثاني

ومن المشاهد ان مفاصل الاذرع والاصابع والاباط وما اشبهها وكذلك مفاصل الرأس والجسم بالعنق وغير ذلك من قبيل النوع الثالث ذي الانحناءين المتجهين في جهات متقابلة

ثم ان صانعي التماثيل وارباب الرسم يتخذونهم واعتيادهم على رسم صور الاجسام البشرية وملاحظة انحناء اجزائها المختلفة يظهر لهم فيها تفاوت دقيق فيقدر اجتهدهم في التوفيق بهذا التفاوت تكون صناعتهم مقبولة لدى ارباب المعارف فاذا سلكوا في ذلك مسلك الضبط والحدودة كانت صناعتهم بديعة تروق الناظر وتجب الخاطر والاقرب منها قوسهم واستبسعوها

وانحناء تلك الاجزاء المختلفة له تعلق وارتباط عظيم بشكل العظام والاعصاب والعضلات المكسوة بالجلد فيجب حينئذ على الرسام المتبحر في فنه أن يقف على حقيقة الاشكال التي يريد رسمها مع غاية الاهتمام بحيث يكون رسمه مبنيا لما استقر من اشكال الاجزاء الداخلية التي يمكن رؤيتها

وفي صناعة بعض المصورين خطا بين وهو كونهم يجعلون بعض اجزاء سطح الجسم البشري بارزا جدا او مخفيا انحناء شديدا ومحدبا تحديدا مفرطا لتكون الاشكال التشريرية على غاية من البيان مع انها في الواقع دقيقة لا يدركها النظر وما ذاك الا تصنع حلهم عليه التأتني والزخرفة ومثل هذا الامر لا يليق بكبار الاساتيد

ثم ان سطح سبيل الانسان لا يخلو عن تغير لطيف منوط بالتأثرات الباطنية دائمة كانت اووقية فاما الاولى فينشأ عنها في انحناء الاجزاء المتغيرة بل وكذلك في منظر الاجزاء الثابتة اشكال تبقى زمانا طويلا وتدرج دقائقها بدوام البحث ومزيد التأمل وذلك كهيئات الوجه وسماء واما التأثيرات الوقية فينشأ عنها في تقاطيع الوجه تغير بين اوغير بين فلذا كلت معرفتهم اهم الامور في ممارسة

القنون المستظرفة لكونه على انواع مختلفة يختار منها الاذكياء من ارباب القراسة الاشكال المضبوطة التي هي بالنسبة لما يركبونه اتم من غير هالياقة للاوصاف والاحوال من بشاشة وعبوس وغوص الفكر في الدقائق وسوء الطوية وهنالك مجتأ آخر مستحدث يتعلق بشكل رأس الآدمي لآبأس بإبراده فنقول انه زيادة على ما في انحناء عى الجمجمة الاصليين من الانتظام يرى في محال من جاجم بعض افراد من بين آدم تنقيات وانحناءات متنوعة بينة وغير بينة وهذه الاجزاء سواء كانت قليلة الانحناء والتعديب او كثيرة تعتبر كأنها علامات خارجية يستدل بها على قوة ادرالك الانسان وضعفه وعلى ميله وطبيعته وقد يسهل على من اطالع على هذا المبحث ان يكسوه ثوب الهزاء والاحتقار الا ان القطن الباحث عن نواميس الطبيعة لا يبادر بالافراط في الذم او المدح حيث ان هذا المبحث الجديد لا بد أن يسلك الانسان في مطالعته مسلك الجد ولوصح ان الانسان يتهدى للبحث عن كل شئ ويبين اسبابه لنشأ عن ذلك تكثير العلامات المفروضة لانواع الميل والقوى العقلية الا انه يكتفي بوجود عدة قليلة من نسب القوى العقلية تكون علامات متباعدة مختلفة عن بعضها قلة وكثرة في شكل الجاجم لتبصر دراسة اختلافات المنحنيات في المباحث التي يشتغل بتحقيقها فذكر العقائل

وللاجزاء المتنوعة التي يتألف منها هيكل الحيوانات حجم واشكال مستقيمة او منحنية تجعلها قابلة للتحرك قلة وكثرة وهذا موضوع علم جديد يقال له علم تشرح الحيوانات وهو علم تضبط ان شاء الله تعالى مباحثه ويكون ذلك بمقابلة الابعاد الاصلية من اجزاء هيكل الحيوانات على اقيسة هندسية وكذلك اتجاه انحناء جزء من الهيكل المذكور لاسيما الاجزاء المتلاصقة اعني المفاصل

وكما ان هذا المبحث الذي نحن بصدده يعين على التقدم في العلم المذكور يوجد فيه نتائج عظيمة يعود دفعها على اشغال الصناعة ثم ان الحيوانات عند قضاء شهوتها الطبيعية يصدر عنها عمليات على غاية من التمام لاتعالو القنون والحرف على المتوسط منها فهي تسلك في اعلى منوال الوسايط المتنوعة العجيبة التي اسندتها

الطبيعة للحيوانات الناطقة وغيرها

ثم ان اسنان الحيوانات التي غذاؤها الكلاء منتظمة غاية الانظام لاجل مضغ
المواد النباتية وجرشها حتى ان شكل اسنانها لا يعتبر باختلال اصلا مع دوام
استعمالها في مضغ الغذاء بخلاف شكل اجحار الطواحين فانه يلحقه الاختلال
في اسرع وقت فمن ثم يضطر الانسان الى تجديد هذا الشكل غالباً وذلك بنحت
الاجحار وقرها ليحسن الطحن بها ومن هنا يعلم ان نتائج الفنون والصناعة
لا تساوي الاثار الطبيعية ثم ان الخواجه مولارد احد اعضاء جمعية العلماء
بيارس اشتغل بصناعة آلات الجرش والمضغ وجعلها على صورة اضراس
الحيل بحيث لا تحتاج الاضراس المذكورة الى الاصلاح الذي يدونه
لا يكمل الجرش

فاذن تقتضي الصناعة قسمها ان المشرحين والمهندسين والميكانيكيين يجتهدون
في معرفة ابعاد اجزاء الحيوانات المختلفة وانحناءها ووظائفها
ولتقل الان من الكلام على هذه المحفوظات العامة المتعلقة باهمية مباحث
انحناء السطوح في الصناعة وفي التاريخ الطبيعي اى علم الحيوانات الى الكلام
على الخواص الهندسية التي بها تسهل معرفة اصول هذه الانحناءات وتوسعها
فتقول

يمكن ان نرسم بالنسبة الى سطوح النوع الاول قطعاً ناقصاً واقعاً بالتوازي
على سطحه (شكل ٢٠) في $ا ب ث د$ وهذا القطع الناقص
من مبداء نقطة $ح$ يكون على صورة جزء من السطح المصنوع بالتوازي
لمستوى $م د$ المماس للسطح المذكور في نقطة $ح$ والجوار لمستوى
 $م ن$ وجبثان $ح و$ هي المسافة بين نقطة $ح$ والمستوى القاطع
وهو $م ن$ فانه اذا مررنا من نقطة $ح$ بجملة دوائر مركزها
موضوعة على خط $ح و$ العمودى وكذلك من محيط القطع الناقص
حدثت سائر الدوائر المماسية التقريبية للقطاعان المصنوعة في السطح
بمستويات الدوائر المذكورة

ويتم أصغر هذه الدوائر برأسي $\overline{ب}$ و $\overline{د}$ من المحور الصغير من القطع الناقص ويتمزأكبرها برأسي $\overline{ا}$ و $\overline{ث}$ من المحور الكبير من القطع الناقص المذكور ويوجد في (شكل ٢٠) مكررمائر الدوائر الواقعة على مستو واحد ما ربعمود $\overline{ح}$ و $\overline{ع}$ الذي في (شكل ٢٠)

فاذن ينتج انه في سطوح النوع الاول التي انحناؤها على اتجاه واحد يكون اتجاه الانحناء الأكبر وهو $\overline{ا ب}$ عوديا على اتجاه الانحناء الأصغر وهو $\overline{ث د}$

فعلى ذلك يكون اتجاه الانحناء الأكبر في جميع السطوح التي انحناؤها في جهة واحدة من كل نقطة عودا على اتجاه الانحناء الأصغر
وحيث ان محيط القطع الناقص منتظم بالنسبة لمحوريه فان الدوائر المماسية التقريبية المارة بالمحيط المذكور ربعمود $\overline{ح}$ و $\overline{ع}$ تكون ايضا متماثلة بالنسبة لمحوري $\overline{ا ث}$ و $\overline{ب د}$ اعني بالنسبة لاتجاهي كل من الانحناء الأكبر والأصغر

فعلى ذلك تكون الانحناءات الغير الاصلية من القطاعات العمودية على السطح وهي الانحناءات الآخذة في الناقص المستقر من الانحناء الأصغر الى الانحناء الأكبر موضوعة بالتأني بالانظر لاتجاهي الانحناء الأكبر والأصغر وذلك بالانتقال من كل نقطة من نقاط السطح المذكور

واما سطوح النوع الثالث فان المستوى الذي يقطعها قطع غير متناه يقرب المستوى المماس يحدث عنه قطاع في الشكل هو عين القطع الزائد ويحدث ايضا عن اتجاه محوري القطع الزائد المذكور اتجاه محوري الانحناء الأكبر والأصغر فتكون الانحناءات الغير الاصلية موضوعة بالتأني بالنسبة لاتجاه المحورين المذكورين وشكل ٢١ يدل على القطاعين المصنوعين في ثقب

البكرة التي انحناؤها متجهان في جهتين مختلفتين بمستويين موضوعين على القرب من مستوى $\overline{م ن}$ المماس في نقطة $\overline{ح}$ للثقب المذكور ويكون شكل القطاعين المذكورين كشكل قطع زائدتين مبينين ولا بأس

ان يكون هذا الشكل محذبا

ويمكن اعتبار سطوح النوع الثاني كأنها حذمتان بين النوعين الآخرين
وحينئذ ثبت لها الخواص الموجودة في السطوح الاخرى بمعنى ان اتجاهاتها
سواء كانت كثيرة الانحناء او قليلة تكون عمودية على بعضها في جميع الانحناءات
المتوسطة المنتظمة على وجه التماثل بالنسبة للانحناءات الاصلية

وقد اطلقنا قريبا لفظة ميينين على الخطوط المنحنية التي من خاصيتها تبين
حقيقة انحناء السطوح وتناسبها وذكرا طرق استعمالها في معرفة الخواص
اللازمة لانحناء السطوح

ولنفرض الآن انه كلما اتقل الانسان من اول نقطة من نقط اي سطح كان تقدم
على حسب اتجاه الانحناء الاكبر وبذلك يرسم خطا فتكون جميع الخطوط
المرسومة بهذا الوجه سائرة للسطح يتعلمه ويحدث عنها مجموع خطوط الانحناء
الاكبر

وقد قال في عكس ذلك انه كلما اتقل من نقطة مفروضة من نقط اي سطح كان
تقدم على حسب اتجاه الانحناء الاصغر وبذلك يرسم خطا فتكون الخطوط
المرسومة بهذه الكيفية سائرة للسطح تمامه ويحدث عنها مجموع خطوط الانحناء
الاصغر

فينتج من ذلك ان خطوط الانحناء الاكبر عمودية على خطوط الانحناء
الاصغر

ولخطوط الانحناء خاصية نافعة جدا في الفنون نذكرها لك بدون برهنة فنقول
انه اذا مددنا من كل نقطة من نقط خط الانحناء عمودا على السطح فانه يحدث
عن هذه الاعمدة سطح يكون بالضرورة منتشرا

وفي امطواة (شكل ٢٢) تكون الخطوط الصغيرة الانحناء اضلاعا قائمة
لانحناءاتها واما الخطوط الكبيرة الانحناء فهي القطاعات المصنوعة بمستويات
عمودية على المحاور وتكون محيطات هذه القطاعات بالضرورة عمودية على ضلع
من اضلاعها فاذن تكون خطوط الانحناء الاكبر والاصغر في الاسطوانة عن

شكل زاوية قاعة

وفي المخروط (شكل ٢٣) الذي اضلاعه عين خطوط الانحناء الاصغر
تتجمل خطوط انحنائه الاكبر بهذه الكيفية وهي ان تضع طرف البيكار على
رأس المخروط ثم ترسم في الطرف الآخر منه منحنيات متنوعة بقدر انحرافات
البيكار المختلفة بشرط أن تكون عمودية على الاضلاع لانه عند انتشار المخروط
تصير هذه المنحنيات دوائر تكون اضلاعها انصاف اقطار

وفي سطوح الدوران تكون دوائر انصاف النهار خطوط احد الانحناءين
وتكون المتوازيات خطوط الانحناء الاخر من المقرران دوائر انصاف النهار
في جميع اتجاهها عمودية على المتوازيات السابقة

وقد اجاد المعلم منج الشهير في تطبيق الخواص التي سبق سردها على عملية
قطع الاجار حيث قال اذا اريد تحت قبوات منحنية الشكل فان تلك
القبوات تقسم بالتناسب الى منازل صغيرة جدا بحيث يمكن اخراج كل منزل
منها من حجر واحد

وبعد عمل جزء الحجر الدال على المنزل الاول وتشكله بالشكل الذي يناسب سطح
القبوة تعمل الواجهة المسماة بالاتحامات التي على جدرانها تلتصق اجزاء العقد
بعضها ويوجب لاجل استيفاء الشروط اللازمة لذلك امر ان احدهما أن يكون
شكل اوجه الالتحام بسيطاً يحكم الصناعة والثاني أن يكون مجموعها في غاية
من الصلابة الا ان هذا الامر الثاني يقتضي ان اوجه الالتحام تكون عمودية على
منحني القبوة وكيفية ذلك سهلة وهي انه اذا حدثت زاوية منفرجة عن وجه
التحام حجر العقد مع القبوة المذكورة فان حجر العقد المجاور لهذا الحجر يحدث عنه
مع القبوة المذكورة زاوية حادة وبسبب الضغط يهدم حجر العقد المنتهي بصلع
منفرج حجر العقد المنتهي بصلع حاد ويقتضيه اذا كان الضغط قويا او يقلقه
ويكسره اذا كان الضغط خفيفا ولاجل السهولة والاختصار في ذلك ينبغي عمل
الاتحامات مستوية او منتشرة فاذا اختير هذا الشكل امكن أن نصنع من
الورق او المقوى او نحو ذلك من الاجسام القابلة للثني والانعطاف فرحمتنا توبيا

له محيط مضبوط بلام وجه الالتحام ويكنى تنيه على وجه لائق لينظر هل
ينطبق في سائر اجزائه على وجه الالتحام الذي يكون عوديا على القبوة بواسطة
المسطرة المثبتة ام لا

وحيث ان الامر من السابقين يستلزمان إيجاد سطوح منتشرة عمودية على
القبوة وعلى بعضها ايضا يستلزمان كذلك أن نجعل خطوط الانحناء سطح
القبوة هي خطوط التمام

فعلى ذلك اذا رسمنا سطوحا سطوائية (شكل ٢٤) فاننا نتخبط التمامات
فننتخب في الاتجاه الاول الاضلاع المتوازية التي على بعد واحد من بعضها وهي
خطوط الانحناء الاصغر ونتخبط في الاتجاه الثاني الخطوط المنحنية العمودية
على هذه الاضلاع وهي خطوط الانحناء الاكبر ثم ان سطوح الالتحام الحادثة
عن الخطوط العمودية من السطح بموجب الاضلاع او المنحنيات المذكورة
هي سطوح مستوية تقاطع في زاوية قائمة وبذلك يكون شغل قطاع الاجار
سهلا بقدر الامكان

واذا صنعنا سطوحا مخروطية (شكل ٢٥) كالاواب والسبايك الواسعة
وطافات المدفع النقية مثل طافات الحفر الارضية وغير ذلك فاننا نجعل خطوط
التمامها اضلاع المخروط والمنحنيات العمودية على هذه الاضلاع

واذا اريد صناعة قبوة على شكل سطح دوران (شكل ٢٦) كقبه مثلا
فاننا نرسم على القبوة المذكورة طبقات منتظمة مركبة من دوائر عمودية
ومن متوازيات فيحدث عن الخطوط العمودية على القبوة بموجب اتجاه دائرة
عمودية مستويات وهذه المستويات هي خطوط الالتحامات المنتصبة لاجار
العقد ويحدث عن الخطوط العمودية على القبوة بموجب اتجاه الخطوط
المتوازية اشكال مخروطية وهي التمامات الجهة الاقمية وتكون تلك
الالتحامات منتشرة لانها مقابلة لخطوط الانحناء وبالجملة فالالتحامات
المخروطية تكون مقطوعة في زاوية قائمة بالالتحامات المستوية التي هي
مستويات دوائر عمودية بالنظر للخطوط

والى هنا تم ما اورده المؤلف منج من التطبيق السهل المفيد اصلا وفرعا
فلا شك انه جدير بأن يستفاد منه اهمية بحث انحناء السطوح وخواصها
الاصلية فى القنون والصنائع ومدخلية فيها وكذلك القنون المستطرفة فله
فيها مدخلية عظيمة تعود عليها بالنفع

وذلك انه يتنوع الضوء والظلال يعرف بمجرد النظر النقط البارزة او المضيئة
وكذلك الاضلاع الميمنة والمحيطات الظاهرية التى تخصص صور الاجسام
بخواصها وتستعين فى الاجزاء التى ليس فيها نقطة متمازة ولا خط كذلك بانكار
الظل والضوء يئنة كانت او غير يئنة على تمييز صور الاجسام وجسمها ودرجة
انحنائها فى كل جزء من اجزاء سطحها

وليست منفعة هذا المبحث مقصورة على ارباب الحرف بل تم ايضا اهل الصنائع
على اختلافها حيث يكسبون منه معارف سهلة مضبوطة كاملة فى شأن
حقيقة شكل الاجسام التى يعنون بها لاحتاجهم او مجرد التزاهة
ولبيان كيفية الوقوف على انحناء السطوح بالمناسبة فنقول

لنفرض ان كرة **ا ب ث** مضيئة باشعة شمسية على اى اتجاه كان ولنبدأ
برسم خط اتصال الظل من الضوء وهو **ل ل ن** بمقتضى القواعد
المذكورة فى درس (١٤) ونبين الجزء الذى فى الظل بخطوط سود فيكون
الجزء المضيئ هو **ل ل ل ب ث** لا غير (شكل ٢٧) فعلى ذلك
يظهر لنا القمر فى تشكيلاته المختلفة من اول استهلاله كفى (شكل ٢٩)
الى التربع الاول كفى (شكل ٢٨) الذى يظهر فيه نصفه منيرا والنصف الآخر
مظلا ثم يصير على الهيئة التى فى (شكل ٢٧) قبل أن يتكامل نوره ويصير
قرا كاملا وفى ذهابه يكون مكسوفا بحيث لا يرى الراصد له نورا فاذالم نعتبر
الاجزاء المنيرة هو **ل ل ل ب** فلا مرجح لنسبته لأكرة دون السطح
الامتد او المقرط فى جهة الشعاع النظرى وهالك الكيفية التى يعرف بها مقدار
هذا التفاضل

وحاصلها ان السطح المعتبر كانه مرآة منيرة يوجد فيه نقطة وهى نقطة و

كافي (شكل ٢٧) يرى الراصد منها صورة الشمس او الجسم المضي وهذه النقطة هي التي تنعكس فيها الضوء العظيم بالسطح وانما سميت بالنقطة المنيرة فيلزم اذن تحديد وضعها ويسهل ذلك ان امكن مد خط عمودي في نقطة و على سطح الجسم فيقتد يكون اولاً كل من الشعاعين العارض والمنعكس في مستو واحد كالعمود المذكور وثانياً يحدث عن تلاقيهما مع هذا العمود زاوية واحدة وبموجب هذين الامرين تحيدنا الهندسة الوصفية طريقة ايجاد النقطة المنيرة من مائر السطوح المتنوعة بالنسبة لموضع معلوم للنظر واتجاه متحد للاشعة فكلما اتصلت هذه الاشعة بالسطح وكان اتصالها به على شكل زاوية كثيرة لا انحراف وكانت في انعكاسها كذلك كثر تشتيت النور واخذ في التناقص وصار السطح قليل النور

ومن المعلوم انه يمكن أن نرسم حول نقطة و بجملة خطوط يظهر فوق محيطها للراصد ان النور المنتشر فوق الجسم واحد وهذه الخطوط تسمى بالخطوط المتساوية اللون فاذا رسمت يكتفي ان نلونها بعبدة اللون قوية او ضعيفة على حسب درجة الضوء المقابل لكل خط فيقتد ياتون مع الضبط التام النور المتناقص بالتدريج فوق جزء السطح المنير

ويعرف بشكل هذه الخطوط ووضعها حقيقة انحناء سطحها ونوعه ولها علامة سهلة يعرف بها الاسطوانات والمخاريط وجميع السطوح المنتشرة وعلامة اخرى يعرف بها الكرة وسطوح الدوران والسطوح الخلقية وعلامة ثالثة يعرف بها السطوح الحازنية والسطوح المعوجة وما اشبه ذلك

ثم ان تلك الخطوط التي ذكرناها وان كانت غير مشاهدة في الاجسام لاسيما واللوانها التي خصصتها لها القدرة الالهية تتناقص تناقصاً متوالياً على وجه غير محسوس ولا متناه الا ان النظر قد تعود على تمييز هذه الاشكال التي اختلاف شكلها في الظل والضوء انما هو من اختلاف انواع السطوح

ومع ذلك فيشاهد في هذا المعنى تفاوت عظيم في المهارة التي اكتسبها الناس على اختلاف درجاتهم بحسب ما عودتهم عليه صنائعهم من اعتبار بعض سطوح

متنوعة الاترى النحاس والسمكرى وصانع المكاييل فانهم يعرفون مع غاية
السهولة هل سطوحهم اوجزاؤها اسطوانية او مخروطية او منتشرة او نحو
ذلك اولا بخلاف غيرها فها رتبهم فيه دون ذلك

وكذلك خراطوا الاخشاب والمعادن وصانعو الفخار والقرقورى وغيرهم
عن يصنع دأتما سطوح الدوران فانهم يعرفون من اول وهله بدون من هل
سطوحهم اوجز منها من سطح الدوران ولا وهل بعض اجزاها ممتدا ومفرطح
بخلاف غيرها من الاشكال فهم فيه اقل مهارة

وكذلك المعمار جبة فانهم يعرفون على ما ينبغي اشكال الاسطوانات والمخاريط
المماثلة لاسطوانات قبوات العمارات ومخاريطها ويعرفون ايضا سطوح
الدوران المشابهة لسطوح القبوات والاعمدة بخلاف غيرها من السطوح
الاجنبية عن اشغالهم فليس لهم بها معرفة على ما ينبغي

فن المهم ان نعود الامة بتعامها على ان تعرف بمجرد النظر حقيقة نوع السطوح
وكيفية صناعتها مطلقا سواء بلغت درجة الكمال ام لا لما ان ذلك وسيلة سريعة
في تقدم الصناعة والفنون المستطرفة وسنيسط الكلام على ذلك بملاحظات
ومباحث وسنفترح ذلك تفصيلا عند الكلام على الملاحظات والمباحث التى
بها تنسج دأرتا الادراة النوعين على ادارة اشغالنا (راجع الجلد الثالث فى الكلام
على القوى المحركة)

وينبغى للتقاسيم ان يعودوا على ان يميزوا بمجرد النظر فى كل جزء من السطح الذى
يريدون نقشه هل انحناءه على اتجاه واحد او مختلفان وأن يميزوا ايضا اتجاه
الانحناء الاكبر من اتجاه الانحناء الاصغر وأن يمينوا على السطوح استقامات
الانحناء الاكبر والانحناء الاصغر لتيسر لهم العلامة العامة الدالة على
السطوح التى يفرضونها او يتقلون صورتها فبذلك تكون اشغالهم صحيحة
مضبوطة

وينبغى كذلك للمصور الذى يرسم بواسطة الالوان مجسمات ذات ثلاثة ابعاد على
سطوح ليس لها الابعاد ان يقف على حقيقة وضع المقدار اللازم من الالوان

لكل سطح كي ييسره أن يرسم مثل تلك الصورة بواسطة قلم البورية
وبالجملة فينبغي لكل من الحسك والرسام أن يبذل جهده في مطالعة هذه
المباحث لتكون صناعته على أتم الوجوه وأكمل الأحوال

تم تعريب الجزء الاول من كتاب كشف رموز السر المصون * في تطبيق الهندسة
على الفنون * على يد معز به الفقير الى الله تعالى المنان * عيسوي اخندي زهران *
وكانت مقابلته على اصله * وفصح صعبه وسهله * وافرغ عباراته في هذا القالب *
سهل المأخذ للطالب * بمعرفة الفقير الى مولاه القوى * محمد قطة العدوي *
بعد اطلاع صاحب العلوم الرياضية * المتبحر في الفنون الهندسية * حضرة
بيومي اخندي رئيس قلم هندسة فهو العارف بأصطلحاته * الخبير برموزه
واشاراته * وبافاض ذي الفهم الثاقب * والرأى الصائب * حضرة رفاعة
اخندي * حفظه العبد المبدي * اذ كان المرجع اليه في حل مشكلاته *
والمعول عليه في فك معضلاته * جعله الله خالص الوجهه الكريم * وتقع به النفع
العميم * ويسر على احسن الاحوال تمامه * وكما احسن يده يحسن ختامه *
وكان تمام طبعه * وبدقة ثمره ينعه * بدار الطباعة العامرة * الكاشنة في بولاق
مصر القاهرة * لازالت هي والمدارس المصرية * والاشغال الهندسية *
راقية مرافق الفلاح * صاعدة الى اوج النفع والتجاح * بهمة رب المعارف
القائقة في جميع العلوم * والافهام الرائقة في المنطوق والمفهوم * حضرة
ميرالوار ادهم بك مدير ديوان المدارس * لا برحت بانقاسه مطلعاً على
التفائس * ووافق ذلك الخامس والعشرين من شهر جمادى الاولى (سنة ١٢٦٦هـ)

ستين ومائتين بعد الالف * من هجرة من خلقه الله على اكل

وصف * صلى الله عليه وسلم * وشرف

وكرم وعظم

تم

